

ŽELEZARSKI ZBORNIK

Stran

VSEBINA

Koroušič Blaženko — Metalurški inštitut Ljubljana Vlado Macur, Alenka Rodič, Zelezarna Ravne	
RAFINACIJA KONSTRUKCIJSKIH JEKEL S SINTETIČNIMI ZLINDRAMI IZVEN PEČI . . .	49
Arh Jože, B. Stocca, M. Piščanec, H. Zupan — Zelezarna Jesenice F. Vodopivec, T. Lavrič — Metalurški inštitut Ljubljana	
VPLIV KEMIJSKE SESTAVE IN NACINA IZ- DELAVE NEPOMIRJENEGA JEKLA NA CI- STOCO PRI TOPLO VALJANIH TRAKOVH . . .	57
Brudar Božidar — Zelezarna Jesenice	
OGREVANJE VLOŽKA V POTISNI PEČI . . .	75
Vodopivec Franc — Metalurški inštitut Ljubljana S. Mežnar, A. Klevišar — Zelezarna Jesenice	
O VPLIVU MIKROSTRUKTURE NA VLEČNO SPOSOBNOST MALOGLJICNEGA JEKLA . . .	81
Rodič Jože — Zelezarna Ravne	
KVANTITATIVNA METALOGRAFIJA LEDE- BURITNIH ORODNIH JEKEL	89
DRUSTVENE VESTI	107

LETO 9 ŠT. 2 1975

ŽEZB BQ 9 (2) 49 - 112 (1975)



VSEBINA

DK: 669.187.5.046.546.22

ASM/SLA: AD-a, D 11n

B. Koroušič

Rafinacija konstrukcijskih jekel s sintetičnimi žilindrami izven peči
 Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 49—56

Uporaba trdnih in tekočih sintetičnih žilindrov za rafinacijo tekočega jekla izven peči. Laboratorijski in industrijski poskusi izdelave sintetičnih žilindrov tipa $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Industrijski poskusi rafinacije konstrukcijskega jekla EC-80 (16MnCr5, C.4320) na 25 tonski elektro-obložni peči v Zvezni železarni Ravne.

Odžveplanje jekla EC-80 med obdelavo s trdno, pretaljeno sintetično žilindro. Ukrepi in napotki za nadaljnje izboljšanje učinkovitosti žilindre zlasti stopnje odžveplanja in zmanjšanja vsebnosti nekovinskih vključkov.

DK: 669.14.018.29

ASM/SLA: W29h, F28

F. Vodopivec in sodelavci

O vplivu mikrostrukture na vlečno sposobnost maloogljivega jekla
 Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 81—88

Vzorci žice istega jekla z mikrostrukturno ferit-martenzit, ferit lamelarni perlit in ferit-globularni perlit so bili vlečeni od začetne debeline 7,25 mm do minimalne debeline, dosegljive brez vmesnega rekristalizacijskega žarjenja. Vlečenje se je izvršilo na enostopenjskem stroju s poprečno redukcijo 16 %.

Prvi vzorec je imel majhno vlečno sposobnost zaradi razpok med feritom in martenzitnimi zrni, ki so povzročile pretrg brez površinskih znakov prevlečenja. Vlečenje drugih dveh vzorcev je bilo prekinjeno pri debelini 0,65 mm po doseženi redukciji 98,9 %. Preiskave so pokazale, da bi lahko nadaljevali vlečenje obeh vzorcev in je plastičnost žice z mikrostrukturno ferit-lamelarni perlit boljša. Preiskusi niso pokazali neposredne povezave med dosegljivo redukcijo in mehanskimi lastnostmi žice v začetku vlečenja.

DK: 669.141.241.4

ASM/SLA: ST-d, 4-53

J. Arh in sodelavci

Vpliv kemijske sestave in načina izdelave nepomirjenega jekla na čistočo pri toplovaljanih trakovih
 Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 57—73

Izdelava nepomirjenega jekla je v bistvu enostavna. Če pa hočemo izdelati kvalitetno nepomirjeno jeklo z dobro površino in zadovoljivo čistočo in dobrimi mehanskimi in vlečnimi lastnostmi moramo poznati posamezne tehnološke vplive. V tem delu smo raziskali številne vplive od kemijske sestave ob raztalitvi pred prebodom in končne sestave, razmerja Mn:C v končni sestavi in razne ukrepe pri vlišanju jekla v kokili. Rezultat teh preiskav je predlog za boljšo kemijsko sestavo jekla za hladno valjane trakove.

DK: 620.18 : 669.14.018.25

ASM/SLA: M21c; TSh

J. Rodič

Kvantitativna metalografija ledeburitnih orodnih jekel
 Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 89—106

Članek podaja pregled publikacij o razvoju in današnjih možnostih kvantitativne metalografije. Posebej obravnava njeno vlogo in uporabnost pri raziskovanju lastnosti ledeburitnih orodnih jekel. Povzetek pomembnejših ugotovitev iz publiciranih del in izkušenj s kritično oceno problematike na današnji stopnji razvoja naj bi predstavljali primerjalno osnovo k rezultatom lastnih raziskav opisanih v nadaljevanju tega članka. Z upoštevanjem publiciranih ugotovitev in rezultatov lastnih preiskav je avtor želel v okviru kompleksnega projekta raziskav ledeburitnih orodnih jekel v Zvezni železarni Ravne oblikovati standardno metodo in predvsem pogoje kvantitativnih metalografskih preiskav na tak način, da bi bile v bodoče zagotovljene možnosti neposrednih primerjav. S posebno pozornostjo so obravnavane številne nevarnosti napak, na katere opozarjajo doslej objavljena dela.

DK: 669.046

ASM/SLA: F21b

B. Brudar

Ogrevanje vložka v potisni peči

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 75—79

Opisan je matematični model ogrevanja neskončne plošče v potisni peči. Toplotna prevodnost, specifična toplota in konvekcijski koeficient so odvisni od temperature.

Numerično reševanje toplotne enačbe pri ogrevanju s konvekcijo v eni dimenziji, pri čemer so temperaturne odvisnosti toplotnih parametrov podane z regresijsko enačbo.

Izdelan je računalniški program in kako je mogoče simulirati peči za konkreten primer.

Izdelan je računalniški program in kako je mogoče simulirati najrazličnejše pogoje ogrevanja v potisni peči.

INHALT

DK: 669.14.018.29
ASM/SLA: W29h, F28

F. Vodopivec in sodelavci

Über den Einfluss des Mikrogefüges auf die Ziehfähigkeit eines niedriggeköhlten Stahles

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 81—88

Drahtproben aus einer Schmelze mit verschiedenartigem Mikrogefüge Ferrit-Martensit, Ferrit-lamelaler Perlit und Ferrit-globulaler Perlit sind von einem Anfangsdurchmesser 7,25 mm bis zu der kleinsten, ohne einer Zwischenglühung, erreichten Dicke gezogen worden. Der Draht wurde auf einer einstufigen Ziehmaschine mit einer durchschnittlichen Abnahme von 16 % gezogen.

Die Ziehfähigkeit des Drahtes mit dem Ferritisch-martensitischen Gefüge war nur gering, weil sich Risse zwischen dem Ferrit und Martensit bildeten, und das Zerreißen des Drahtes verursachten, ohne äusserer Zeichen der Überzogenheit.

Die anderen zwei Proben sind bis zu 0,65 mm bei einer Querschnittsabnahme von 98,9 % gezogen worden. Die Verformbarkeit des Drahtes mit dem Gefüge Ferrit-lamelaler Perlit ist besser. Die Versuche zeigten keine unmittelbare Gebundenheit zwischen der erreichten Querschnittsabnahme und der mechanischen Eigenschaften des Drahtes vor dem Ziehen.

DK: 669.187.5.046.546.22
ASM/SLA: AD-a, D 11n

B. Koroušič in sodelavci

Raffination der Baustähle mit syntetischen Schlacken ausserhalb der Ofens

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 49—56

Die Anwendung der festen und flüssigen syntetischen Schlacken für die Raffination des flüssigen Stahles ausserhalb des Ofens. Laboratorische und industrielle Versuche der Erzeugung synthetischer Schlacken des Types $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Industrielle Versuche der Raffination eines Baustahles EC 80 (16 MnCr5, C 4320) an einem 25 Tonnen Lichtbogenofen im Hüttenwerk Ravne.

Die Entschwefelung des Stahles EC 80 während der Bearbeitung mit einer festen, umgeschmolzenen, syntetischen Schlacke. Massregeln und Anweisungen für die weitere Verbesserung der Wirksamkeit der Schlacke besonders des Enschwefelungsgrades und der Verminderung der nichtmetallischen Einschlüsse.

DK: 620.18 : 669.14.018.25
ASM/SLA: M21c; TSh

J. Rodič:

Quantitative Metallographie der ledeburitischen Werkzeugstähle

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 89—106

Dieser Artikel gibt eine Schrifttumübersicht über die Entwicklung und die derzeitigen Möglichkeiten der quantitativen Metallographie. Es behandelt besonders deren Rolle und Anwendbarkeit bei den Untersuchungen, der Eigenschaften der ledeburitischen Werkzeugstähle. Die Zusammenfassung wichtiger Feststellungen aus dem Schrifttum, und Erfahrungen mit kritischer Wertbestimmung der Problematik im heutigen Entwicklungsstand, sollte als Vergleich zu den Ergebnissen eigener Untersuchungen dienen, welche in der Forderung dieses Artikels beschrieben werden. Mit der Berücksichtigung der in der Zeitschrift erschienenen Feststellungen und der Ergebnisse eigener Untersuchungen wollte der Autor im Rahmen eines Forschungsprojektes über die ledeburitischen Stähle im Hüttenwerk Ravne eine standardisierte Methodik, und vor allem, die Bedingungen für quantitative metallographische Untersuchungen entwickeln, dass in der Zukunft Möglichkeiten für die direkte Vergleichung gesichert würden. Mit besonderer Sorgfalt werden unzählige Fehlergefahren behandelt, auf welche in den bisherigen Veröffentlichungen hingewiesen wird.

DK: 669.141.241.4
ASM/SLA: ST-d, 4-53

J. Arh in sodelavci

Einfluss der chemischen Zusammensetzung und der Stahlerstellungsart des unberuhigten Stahles auf den Reinheitsgrad bei den warmgewalzten Bändern

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 57—73

Die Erzeugung des unberuhigten Stahles ist relativ einfach. Wenn man aber einen guten unberuhigten Stahl mit einer guten Oberflächenbeschaffenheit, genügendem Reinheitsgrad, guten mechanischen- und Tiefzieheigenschaften erzeugen will, müssen die einzelnen technologischen Einflüsse bekannt sein. In dieser Arbeit sind die vielfältigen Einflüsse von der chemischen Zusammensetzung bei der Erschmelzung, vor dem Abstich, der Fertiganalyse und andere Massnahmen beim Giessen der Stahles in der Kokille untersucht worden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist ein Vorschlag für eine entsprechende chemische Stahlzusammensetzung für die kaltgewalzten Bänder.

DK: 669.046
ASM/SLA: F21b

B. Brudar

Das Erwärmen des Wärmegutes im Stossofen

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 75—79

Ein mathematischer Modell des Erwärmungsvorganges einer unendlichen Platte im Stossofen ist beschrieben. Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärme und der Konvektionskoeffizient sind temperaturabhängig.

Die numerische Lösung der Wärmegleichung durch die Konvektion in einer Dimension ist dargelegt, wobei die temperaturabhängigen Wärmeparameter mit einer Regressionsgleichung angegeben sind.

Die Temperaturverteilung im Querschnitt und die Ofenkapazität für einen bestimmten Fall ist errechnet.

Ein Computerverfahren ist ausgearbeitet und zeigt wie es möglich ist die verschiedensten Wärmebedingungen im Stossofen zu simulieren.

CONTENTS

DK: 669.187.5.046.546.22
ASM/SLA: AD-a, D 11n

B. Koroušič in sodelavci

Refining Structural Steel by Synthetic Slag Outside the Furnace
Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 49—56

Use of solid and molten synthetic slags for refining molten steel outside the furnace. Laboratory and industrial tests for manufacturing synthetic $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ slags. Industrial test of refining EC-80 (16MnCr5, C. 4320) structural steel in a 25 t electric arc furnace in Ravne Steelworks. Desulphurisation of EC-80 steel during treatment by solid and molten synthetic slag. Measures and instructions for further improvement of slag efficiency, especially taking in account degree of desulphurisation and reduction of content of non-metallic inclusions.

DK: 669.14.018.29
ASM/SLA: W29h, F28

F. Vodopivec in sodelavci

On the influence of microstructure on the drawability of carburized steel
Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 81—88

Wire samples of the same steel with microstructures ferrite-martensite, ferrite-lamellar pearlite, and ferrite-spheroidal pearlite were drawn from the initial thickness 7.25 mm to the minimal thickness obtainable without intermediate recrystallization annealing. Samples were drawn on a single-step machine with an average reduction of 16 %.

The first sample had low drawability because of cracks between the ferrite and martensite grains which caused breakage without any surface marks of overdrawing. The drawing of the other two samples was interrupted at the thickness 0.65 mm after 98.9 % reduction as achieved. The tests showed that drawing of both samples could be continued, but also showed that the plasticity of wire with ferrite-lamellar pearlite was better. The tests did not show a direct connection between the achievable reduction and the mechanical properties of wire at the beginning of drawing.

DK: 669.141.241.4
ASM/SLA: ST-d, 4-53

J. Arh in sodelavci

Influence of Chemical Composition and of Method of Manufacturing Rimming Steel on the Purity of Hot Rolled Strips
Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 57—73

Manufacturing rimming steel is fundamentally simple. If a quality rimming steel with good surface and satisfactory purity, with good mechanical properties and drawability is to be manufactured, influences of single technological parameters must be known. Therefore influences of various parameters like chemical compositions during melting, before tapping, and of the final product, rations Mn:C of the final composition, and various measures for mould casting of steel were investigated. Investigations resulted in a proposal for better chemical composition of steel for cold rolled strips.

DK: 620.18 : 669.14.018.25
ASM/SLA: M21c; TSH

J. Rodič:

Quantitative Metallography of Ledeburite Tool Steel
Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 89—106

Review on development and present possibilities of quantitative metallography is presented in the paper. Its importance and applicability in investigation of properties of ledeburite tool steel is specially described. The most significant findings in references are combined with critical estimation of the problems at the present stage of development, and it was used as a basis for explanation of results of own investigations described later in the paper. Taking in account the published findings and the own research results of the investigation of ledeburite tool steel in Ravne steelworks the author tried to create a standard method and especially the conditions for quantitative metallographic investigations enabling the possibility of direct comparative techniques in future. A special attention was attributed to numerous dangers of making errors which was noticed in references.

DK: 669.046
ASM-SLA: F21b

B. Brudar

Heating of feed in the end-pusher furnace
Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 75—79

Mathematical model of heating an infinite plate in the end-pusher furnace is described in the paper. Thermal conductivity, specific heat, and heat transfer coefficient are functions of the temperature. Numerical solutions of the heat balance in an one-dimensional heating by convection are presented. Relationship between thermal properties and temperature is given by regression equation. Temperature distribution on the cross section of sample and furnace output were calculated for a practical example. A computer program was composed which enables to simulate various heating conditions in the end-pusher furnace.

СОДЕРЖАНИЕ

DK: 669.14.018.29
ASM/SLA: W29h, F28

F. Vodopivec in sodelavci

О влиянии микроструктуры на волоочную способность низкоуглеродистой стали.

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 81—88

Образцы проволоки одной и той же самой стали микроструктуры: феррит-мартенсит, феррит ламеллярный перлит и феррит-глобулярный перлит были проволочены от первоначальной толщины 7,25 мм на минимальную толщину, которую возможно получить без промежуточного рекристаллизационного отжига. Волочение выполнено на одностепенной волоочной машине при средней редукции 16 %.

Первый образец имел низкую способность волочения вследствие трещин между ферритом и зёрнами мартенсита, проволока прервалась без знаков перетяжки на поверхности. Волочение остальных двух образцов было прервано при толщине 0,65 мм как только достигли редукцию 98,9 %. Исследования показали, что с волочением этих образцов можно продолжать и, что пластичность проволоки с микроструктурой феррит-ламеллярный графит лучше. Исследования также показали, что нет непосредственной связи между достигнутой редукцией и механическими свойствами проволоки в начале волочения.

DK: 669.187.5.046 546.22
ASM/SLA: AD-a, D 11n

B. Koroušič in sodelavci

Рафинирование конструкционных сталей с синтетическими шлаками вне печи.

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 49—56

Применение твёрдых и жидких синтетических шлаков для рафинирования расплавленной стали вне печи. Лабораторные и промышленные опыты приготовления синтетических шлаков типа $\text{Ca-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Промышленные опыты рафинирования конструкционной стали EC-80 (16MnCr5, S.4320) в 25-н т электродуговой печи в Металлургическом заводе Равне.

Десульфурация стали EC-80 во время обработки с твёрдым, синтетическим переплавленным шлаком. Меры и указания для последующего улучшения эффективности шлака, в особенности при степени десульфурации и для уменьшения неметаллических включений.

DK: 620.18 : 669.14.018.25
ASM/SLA: M21c; TSh

J. Rodič:

Количественная металлография ледобуритных инструментальных сталей.

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 89—106

В работе подан обзор публикаций о развитии и о современных возможностях количественной металлографии. Особенно рассмотрено её значение и применение при исследовании свойств ледобуритных инструментальных сталей. Выводы значительных констатаций из опубликованных работ и из полученных опытов, с критической оценкой проблематики в настоящей фазе развития, может представлять основания для сравнения к результатам собственных исследований, которые описаны в продолжении этой работы. При учёте опубликованных установлений и результатов собственных исследований, автор желал в рамках комплексного проекта исследования ледобуритных инструментальных сталей в Металлургическом заводе Равне, образовать стандартный метод а также и условия необходимых для количественных металлографических исследований таким образом, чтобы в будущем возможность непосредственных сравнений была загарантирована. С особым вниманием рассмотрены многочисленные опасности ошибок на которые указывают до сих пор опубликованные работы.

DK: 669.141.241.4
ASM/SLA: ST-d, 4-53

J. Arh in sodelavci

Влияние химического состава и способа производства кипящей стали на чистоту горячекатаных полос.

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 57—73

Изготовление кипящей стали в существе весьма просто. Если же хотим произвести кипящую сталь высокого качества, хорошей поверхности, удовлетворяющей чистоты, с высокими механическими свойствами и, наконец, способностью к волочению, то необходимо хорошо владеть технологическим процессом и отдельными фазами его влияния.

В этой работе исследованы многочисленные влияния начиная от химического состава при расплавлении до выпуска металла, состава конечного изделия, отношения $M_p : C$, конечного состава и разные меры принятые во время литья стали в изложницы. В результате исследования позволили улучшить химический состав стали для холодной прокатки полос.

DK: 669 046
ASM-SLA: F21b

B. Brudac

Нагревание шихты в проходной методической печи.

Zelezarski zbornik 9 (1975) 2 str. 75—79

Дано описание математического модели нагрева бесконечной пластины методической печи. Тепловая проводимость, удельный вес и конвекционный коэффициент зависят от температуры. Рассмотрено числовое решение одномерного конвективного нагрева, причём температурные зависимости тепловых параметров поданы при помощи уравнения регрессии.

Вычислено температурное распределение по поперечному разрезу и на конкретном примере подана мощность печи. Разработана вычислительная программа и таким образом возможно моделировать самые различные условия нагрева в методической печи.

Rafinacija konstrukcijskih jekel s sintetičnimi žlindrami izven peči

DK: 669.187.5.046.22
ASM/SLA: AD-a, D11n

Blaženko Koroušič, Metalurški inštitut, Ljubljana
Vlado Macur, Alenka Rodič,
Železarna Ravne

Kratek pregled dosežkov na področju uporabe trdnih in tekočih sintetičnih žlinder pri odžveplanju jekla izven peči. Opis industrijskih poskusov izdelave pretaljenih žlinder tipa $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Industrijski poskusi odžveplanja s sintetičnimi, pretaljenimi žlindrami na 30-tonski elektro-peči. Analiza doseženih rezultatov in kritična ocena možnosti uporabe sintetičnih žlinder za rafinacijo jekel izven peči.

1. UVOD

Tehnologija izdelave konstrukcijskih jekel v elektroobločnih pečeh sloni danes predvsem na uporabi t. i. »enožilndrnih postopkov«. Z uporabo primerne rafinacijske žlindre in pri uporabi modificirane dezoksidacijske prakse ter homogenizacije taline z inertnimi plini (argonom) je mogoče pri pravilno vodenem procesu doseči dokaj nizke vsebnosti kisika (med 30 in 60 ppm). Vendar je nizke vsebnosti žvepla v tekočem jeklu pred prebodom mogoče doseči le s primerno izbiro rafinacijske žlindre in pri zadostnem času rafinacije. Še bolj pa je pomembno dejstvo, da vsebnost sulfidnih vključkov v konstrukcijskih jeklih v predelanem stanju pri opisani tehnologiji ni povsem sorazmerna absolutni vsebnosti žvepla jekla¹. To dejstvo govori, da je mehanizem nastanka sulfidnih vključkov ozko povezan s stanjem tekočega jekla pred kristalizacijo.

Rafinacijo konstrukcijskih jekel izven peči s sintetičnimi tekočimi in trdnimi žlindrami uporabljajo že v številnih jeklarnah. Zlasti močno se je razširila uporaba tekočih sintetičnih žlinder

v Sovjetski zvezi². Na sliki 1 podajamo v kvalitativni obliki osnovne značilnosti uporabe tekočih sintetičnih žlinder in vpliv rafinacije na najvažnejše tehnološke in mehanske lastnosti konstrukcijskih jekel.

Aplikacija omenjene tehnologije je v naših jeklarnah dokaj omejena, in sicer iz več razlogov: premajhno število talilnih jeklarskih peči, specifičnost proizvodnih programov (širok asortiment jekel), neprimerna geometrija livnih jam itd.

Uporaba trdnih sintetičnih žlinder za rafinacijo jekla zunaj peči je znatno enostavnejša, čeprav je njena učinkovitost manjša.

V članku so na kratko opisani rezultati izdelave sintetičnih žlinder v industrijskih pogojih

LASTNOSTI	poslabšanje	nespremenjena	izboljšanje	znatno izboljšanje
<u>Ingot</u> površna poroznost in gasota izkoristek	↓		→*)	↓
<u>Kemična sestava</u> osnovna sestava žvepla kisik dušik vodik primesi			→*)	→
<u>Čistoća</u> makroskopska mikroskopska			→	
<u>Struktura ingota</u> dilatona segregacije kristalne segregacije			→	
<u>Mehanske lastnosti</u> natezna trdnost meja lezenja žilavost avstenitno zrna izotropija			→	

Slika 1
Vpliv rafinacije zunaj peči s tekočimi sintetičnimi žlindrami na nekatere lastnosti konstrukcijskih jekel.

Fig. 1
Influence of refining outside the furnace by molten synthetic slags on some properties of structural steel.

* Članek predstavlja skrajšani povzetek predavanja, ki ga je imel avtor na kolokviju o raziskavah s področja sekundarnega žilavenja jekla v priredbi Metalurškega inštituta iz Ljubljane, Ljubljana, novembra 1973.

ter nekateri rezultati poskusov obdelave konstrukcijskega jekla EC-80 (16 Mn Cr 5, Č.4320) s trdno sintetično žlindro na 25-tonski elektroobložni peči v Zelezarni Ravne.

2. EKSPERIMENTALNA TEHNIKA

2.1. Izdelava žlinder

Pri izbiri kemične sestave sintetičnih žlinder smo upoštevali predvsem dejstvo, da so procesi in reakcije, ki potekajo med tekočim jeklom in žlindro (glej *slika 2*), kompleksne narave.

Obstajata torej dve možnosti:

a) uporaba pretaljenih ali nepretaljenih večkomponentnih sistemov z optimalno kemično sestavo,

b) uporaba enostavnih žlindrnih sistemov na osnovi CaO , Al_2O_3 , CaF_2 in SiO_2 .

Odločili smo se za drugo varianto, in sicer za sistem $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ z različnimi vsebnostmi SiO_2 . Na *sliki 3* je prikazana lega izbranih žlinder v binarnem sistemu $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$.

Laboratorijske poskuse izdelave omenjenih sintetičnih žlinder smo opravljali v majhni monofazni elektro peči z grafitno elektrodo in grafitnim loncem. Peč je bila priključena na 100 kW transformator.

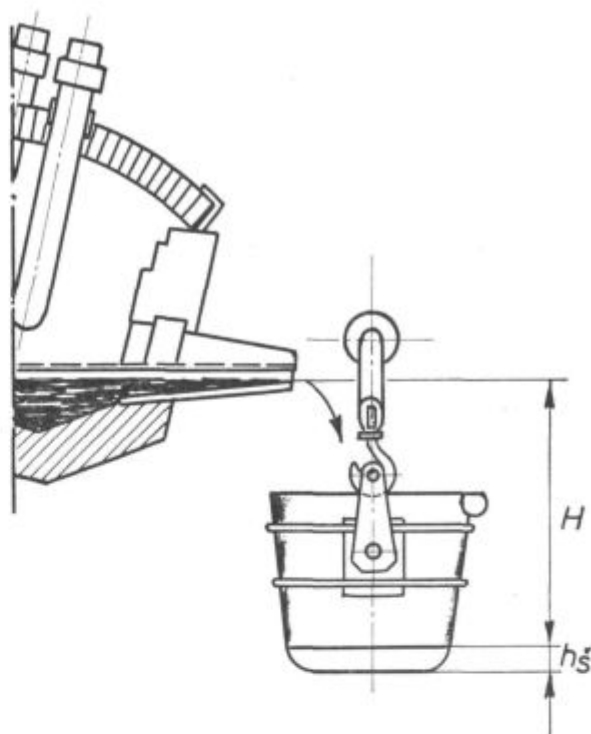
Mešanico korunda (Al_2O_3) in tehnično čistega apna (CaO) smo šaržirali v peč in nato stalili in ogreli na temperaturo okrog 200–300° C nad tališčem žlindre.

Tekočo žlindro smo določen čas homogenizirali na temperaturi okrog 1700° C in ulili v suho jekleno kokilo. Tako izdelano žlindro smo nato analizirali glede na njeno kemično in mineraloško sestavo.

Kemična sestava žlinder in njihova mineraloška sestava je bila povsem v pričakovanih mejah glede na diagram stanja¹. Analiza tehnoloških pogojev (ohmska upornost, stabilnost procesa, poraba električne energije itd.) je omogočila izbiro ustreznih pogojev za taljenje teh žlinder v industriji.

Nato smo pristopili k izdelavi večjih količin sintetičnih žlinder v trofazni elektro peči s kapaciteto okrog 100 kg/h.

Kot izhodne surovine smo uporabili aluminijev hidrat (kot vir Al_2O_3) ter apnenec (kot vir CaO).



Padanje tekočega jekla v žlindro

Premešavanje jekla in žlindre do stanja emulzije žlindre v jeklu in v določeni stopnji kovine v žlindri

Reakcije na fazni meji med žlindro in kovino. Odstranjevanje žvepla in kisika. Redukcija nekaterih elementov iz žlindre (Al)

Tvorba nekovinskih vključkov pri dodatkih dezoksidantov, njihova koagulacija in koalescencija

Slika 2

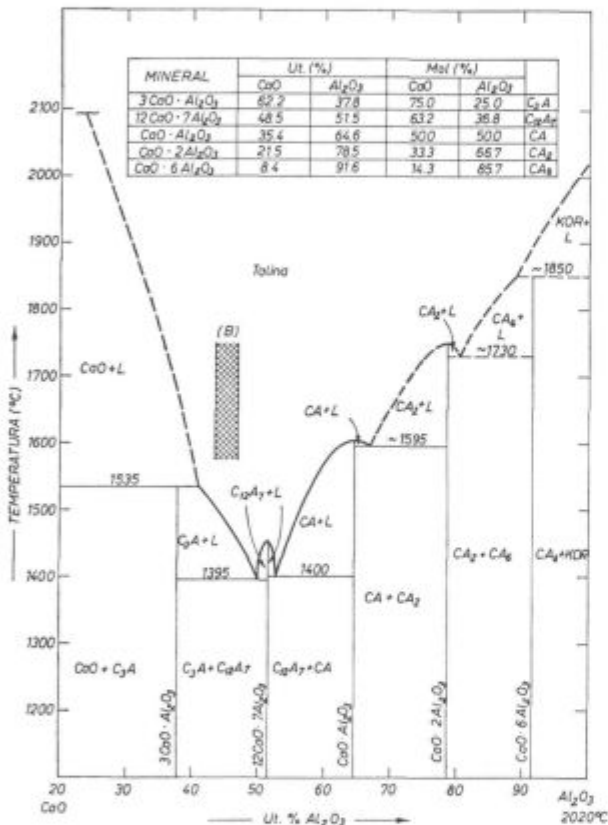
Shematska ponazoritev potekajočih procesov med rafinacijo jekla v ponvi s sintetično žlindro.

Fig. 2

Schematic illustration of processes during refining steel in ladle with a synthetic slag.

Tabela 1 — Kemična sestava pretaljenih sintetičnih žlinder

Oznaka žlindre	Kemična sestava žlindre, ut. %								Bazičnost % CaO/% SiO ₂
	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Fe _c	S	C	Vsota	
A	52,38	43,49	2,02	0,96	0,18	0,032	0,12	99,18	25,9
B	52,29	43,06	2,56	0,98	0,10	0,045	0,02	99,40	20,4
C	51,13	43,95	2,60	0,94	0,13	0,042	0,12	98,91	19,7
D	51,59	43,93	2,72	0,99	0,16	0,027	0,02	99,43	18,7
E	51,52	43,72	3,01	0,94	0,13	0,032	0,06	99,41	17,1
F	50,96	42,80	4,20	0,83	0,16	0,034	0,08	99,06	12,1
G	49,42	45,58	5,08	0,90	0,32	0,034	0,12	99,45	9,7
I	45,14	34,35	18,09	1,91	0,14	0,09	0,02	99,84	2,5



Slika 3

Binarni sistem CaO-Al₂O₃ (B — področje uporabnosti sintetičnih žlinder).

Fig. 3

Binary system CaO-Al₂O₃ (B — region of usability of synthetic slags).

Po raztalitvi in homogenizaciji smo žlindro granulirali v vodi in nato drobili in sušili v posebni rotacijski peči. Zdrobljena žlindra je imela granulacijo pod 3 mm. Kemična sestava sintetičnih žlinder je podana v tabeli 1.

Opisana tehnologija omogoča izdelavo vseh vrst sintetičnih žlinder s predpisano (končno) kemično in mineraloško sestavo.

2.2. Rafinacija jekel na 25-tonski elektro-jeklarski peči

Cementacijska jekla tipa EC-80 predstavljajo pomembno skupino konstrukcijskih jekel. Tehnologija izdelave teh jekel v Železarni Ravne sloni na t. i. I- in K-metodi, pri kateri se tekoče jeklo meša z rafinacijsko žlindro med prebodom.

Pri naših poskusih smo zaradi lažje primerjave obeh metod (tj. standardne prakse in nove metode z uporabo sintetične žlindre) obdržali skoraj celotno tehnologijo nespremenjeno, le da smo preprečili mešanje jekla z lastno žlindro. S tem smo si želeli zagotoviti konstantne pogoje za študij reakcij med tekočim jeklom in žlindro.

Poskuse smo opravljali na 25-tonski elektro obločni peči. Pred prebodom jekla smo v ponovco šaržirali sintetično žlindro v količini okrog 10 kg/t skupaj z dodatki (CaSi, FeSi itd.).

Po končanem izlivu taline iz peči smo pričeli s prepihanjem taline z argonom, po običajni praksi za to vrsto jekla, nakar je sledilo litje v kobile.

Med celotnim procesom izdelave jekla v peči in med obdelavo jekla s sintetično žlindro smo jemali vzorce jekla in žlindre.

3. REZULTATI

Povprečna kemična sestava jekla EC-80 in pečne žlindre pred prebodom je znašala:

EC-80

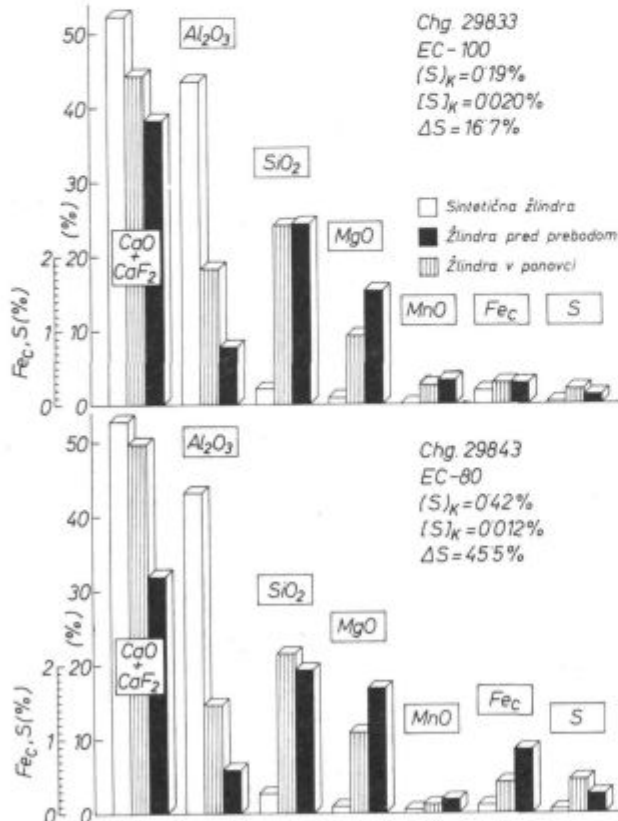
% C	0,18	% pečna žlindra:	% CaO	44	%
% Si	0,23	% T _m	= 1453° C	% Al ₂ O ₃	8
% Mn	1,25	% ΔT	= 48° C	% SiO ₂	22
% Cr	1,05	%	% MgO	13	%
% P	0,028	%	% CaF ₂	5	%
% S	0,022	%	% MnO	2,5	%
% Al _c	0,013	%	% Fe _c	1,1	%
% Al _k	0,012	%	% S	0,17	%
% O	0,0087	%			

Med prebodom tekočega jekla iz peči se je del pečne žlindre prenesel v ponovco in se nato mešal s sintetično žlindro. Poleg tega se je večji del silicija, šaržiranega v ponev (v obliki CaSi, FeSi), oksidiral in prešel v žlindro, ki se je nabirala na površini taline.

Med pihanjem argona se je dodani aluminij za končno dezoksidacijo deloma oksidiral in v obliki Al₂O₃ prešel v žlindro.

Povprečna kemična sestava jekla in žlindre v ponovci po obdelavi z žlindro in argonom je znašala:

EC-80		žlindra iz			
% C	0,16	% ponovce:			
% Si	0,28	% T _m = 1418° C	% CaO	43	%
% Mn	1,27	% ΔT = 42° C	% Al ₂ O ₃	17	%
% Cr	1,00		% SiO ₂	20	%
% P	0,024		% MgO	9	%
% S	0,016		% CaF ₂	6	%
% Al _c	0,050		% MnO	1,7	%
% Al _k	0,044		% Fe _c	0,31	%
% O	0,0068		% S	0,45	%

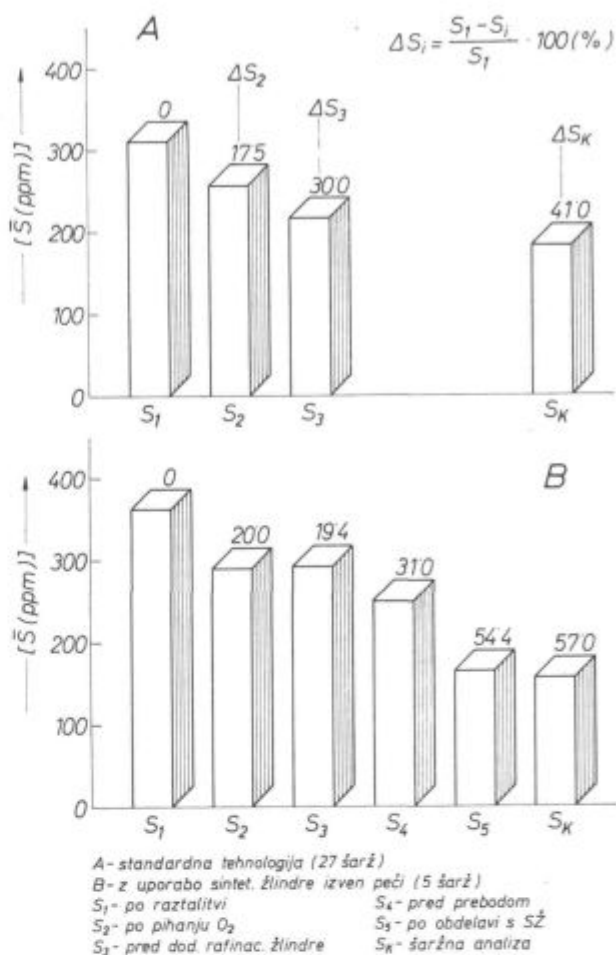


Slika 4

Kemična sestava žlinder: sintetična žlindra za rafinacijo, žlindra iz peči pred prebodom in žlindra iz ponovce po obdelavi jekla.

Fig. 4

Chemical composition of slags: synthetic slag for refining, furnace slag before tapping, and ladle slag after treatment.



Slika 5

Povprečne vsebnosti žvepla v različnih fazah izdelave jekla EC-80 na 25-tonski elektroobložni peči (Zelezarna Ravne).

Fig. 5

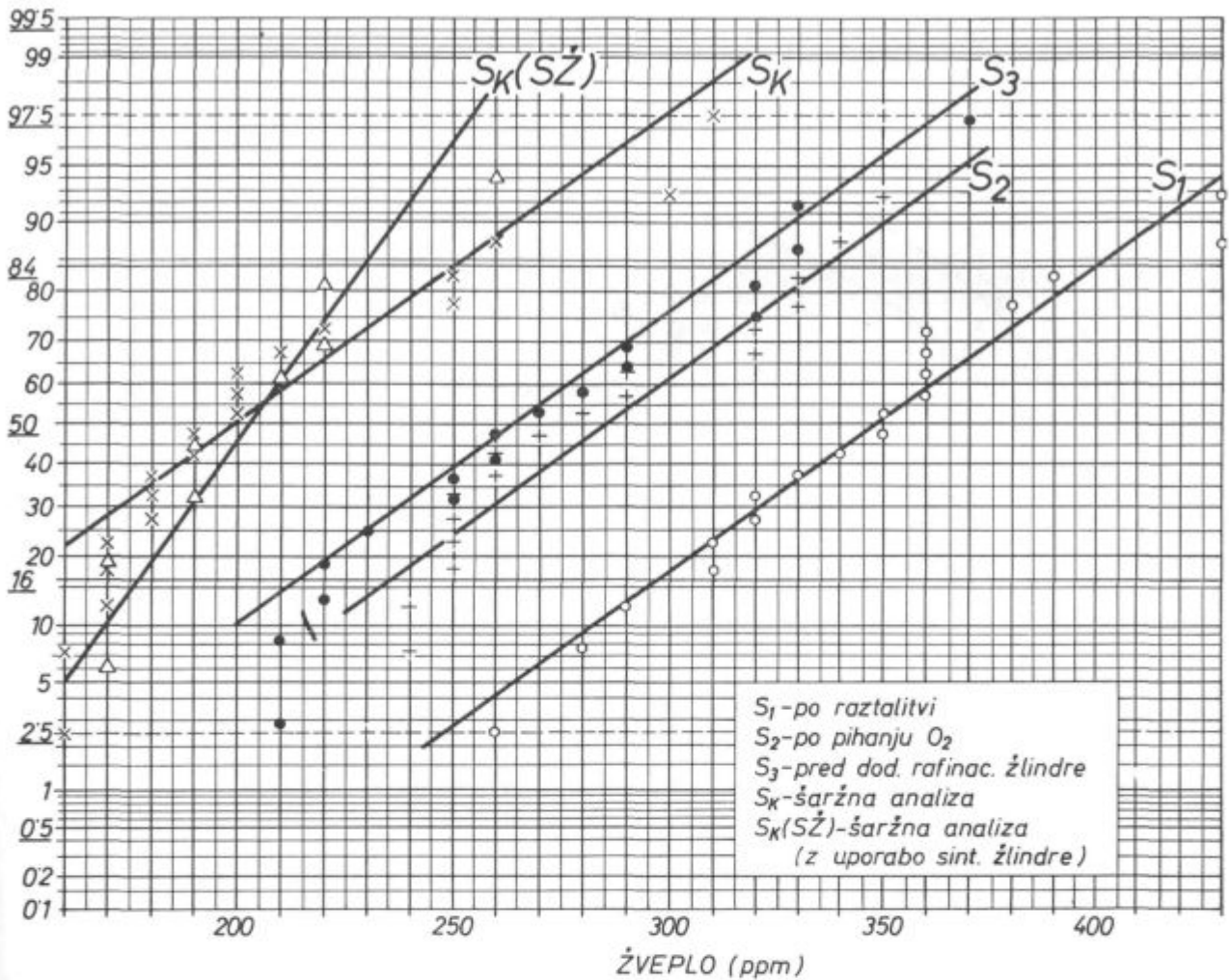
Average sulphur contents in various phases of manufacturing EC-80 steel in a 25 t electric arc furnace (Ravne steelworks).

Primerjava teh vrednosti z analognimi vrednostmi pred obdelavo s sintetično žlindro nam pokaže, da je med obdelavo taline prišlo do sprememb nekaterih elementov: fosfor (−14%), žveplo (−27%), aluminij (Al_c = +74%, Al_k = +73%), silicij (+18%) in kisik (−22%).

Spremembo aluminija je treba pripisati dodatku aluminija med obdelavo taline z argonom, toda del aluminija je prav gotovo rezultat redukcije Al₂O₃ s silicijem po enačbi:



Jasno se opaža povečanje vsebnosti žvepla v žlindri po obdelavi s sintetično žlindro ter padec vsebnosti MnO in FeO.



Slika 6

Porazdelitev žvepla v različnih fazah izdelave jekla EC-80 na 25-tonski elektroobložni peči (Železarna Ravne).

Fig. 6

Sulphur distribution in various phases of manufacturing EC-80 steel in a 25 t electric arc furnace (Ravne steelworks).

Povprečna kemična sestava jekla EC-80 v predelanem stanju (gredica) je bila naslednja:

EC-80	% C	0,17 %
(končna sestava)	% Si	0,26 %
	% Mn	1,23 %
	% Cr	1,01 %
	% P	0,021 %
	% S	0,015 %
	% Al_c	0,032 %
	% Al_k	0,019 %

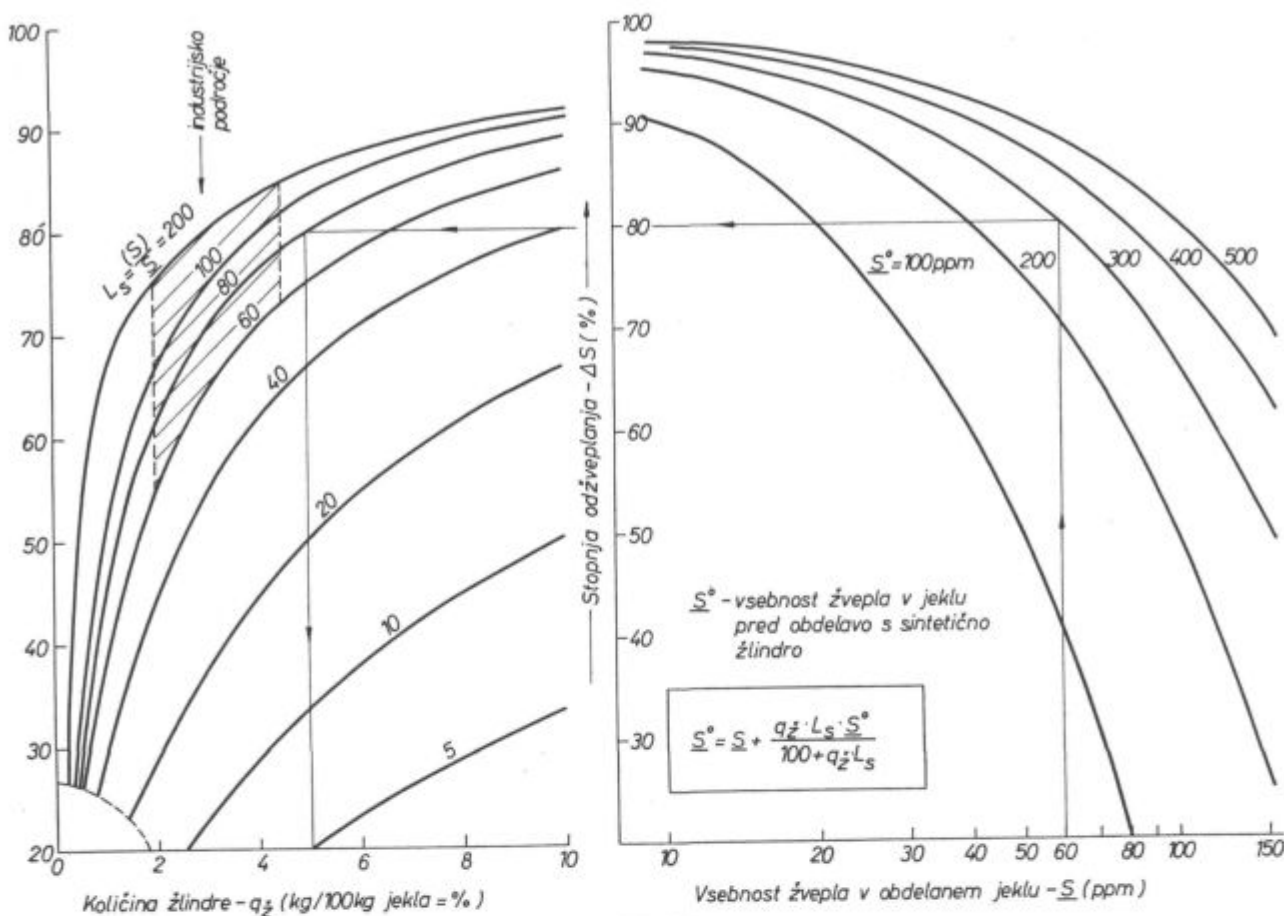
4. ANALIZA RGEZULTATOV

Podrobnejša analiza kemične sestave jekla in žlindre pred obdelavo in po njej s sintetično žlindro nam pokaže, da je med izlivom jekla iz peči in med mešanjem jekla s sintetično žlindro prišlo do znatne oksidacije silicija, dodanega v ponovco.

Slika 4 kaže primerjavo med kemično sestavo sintetične žlindre (žlindra A, glej *tabelo 1*), pečne žlindre pred prebodom in žlindre, vzete iz ponovce po obdelavi jekla s sintetično žlindro in argonom. Rezultati na *sliki 4* jasno kažejo, da je med obdelavo jekla prišlo do močnega povečanja vsebnosti SiO_2 v žlindri. Vzroke za to je iskati v delni oksidaciji silicija in v močni eroziji ognjevarnega materiala s tekočim jeklom.

Povečanje vsebnosti SiO_2 v žlindri je znatno poslabšalo pogoje za prenos žvepla iz jekla v žlindro. Toda kljub neugodnim pogojem je mogoče ugotoviti pozitiven vpliv obdelave jekla s trdno sintetično žlindro. Na *sliki 5 in 6* podajamo rezultate, ki kažejo obnašanje žvepla med izdelavo jekla EC-80 v elektro-obložni peči in med obdelavo s sintetično žlindro.

Ugotavljamo pomembno dejstvo, da obdelava jekla EC-80 s trdno sintetično žlindro ne prispeva samo k znižanju absolutne vsebnosti žvepla, tem-



Slika 7

Nomogram za izračunavanje potrebne količine žlindre za obdelavo jekla s sintetično žlindro v odvisnosti od koeficienta porazdelitve žvepla in vsebnosti žvepla pred obdelavo in po obdelavi z žlindro.

Fig. 7

Nomogram for calculation of the needed amount of slag for steel treatment with synthetic slag depending on the coefficient of sulphur distribution and sulphur content before and after the treatment by slag.

več daje tudi veliko manjše odstopanje od povprečnih vrednosti.

Nadaljnje povečanje stopnje odžveplanja jekla EC-80 pri obdelavi s trdno sintetično žlindro je mogoče doseči z izboljšanjem naslednjih pogojev:

1. Povečanje bazičnosti žlindre, oziroma koeficienta porazdelitve žvepla med žlindro in jeklom, kar je mogoče doseči s preprečitvijo mešanja sintetične žlindre s pečno žlindro ter z izoginitvijo prekomerni oksidaciji silicija ter intenzivni eroziji ognjevarnih materialov s tekočim jeklom.

2. Povečanje količine sintetične žlindre od sedanjih 10 kg/t na 20–30 kg/t.

3. Uporabo sintetične žlindre s finejšo granulacijo (zmleta žlindra).

Vpliv prvih dveh pogojev je mogoče oceniti iz termodinamičnih pogojev odžveplanja in bilance žvepla med procesom obdelave jekla s sintetično žlindro. Na sliki 7 je pokazana v nomogramski obliki odvisnost med količino dodane sinte-

tične žlindre, koeficientom porazdelitve žvepla [$L_s = (\%S)/\%S$] ter stopnjo odžveplanja^{1, 3}.

Iz diagrama je razvidno, da znaša pri količini dodane žlindre 10 kg/t jekla in pri koeficientu porazdelitve $L_s = (\%S)/\%S = 20$ –40 maksimalna stopnja odžveplanja od 28–36 %. Ti podatki se povsem ujemajo z našimi ugotovitvami.

Nadaljnji poskusi bodo pokazali, ali je mogoče z uporabo optimalne izbire in količine sintetične žlindre ter tehnologije obdelave taline doseči tako visoko stopnjo odžveplanja, da bi na račun skrajšanega časa rafinacije taline v peči kompenzirali dodatne stroške za izdelavo sintetične žlindre.

Zaključki

Uporaba trdnih, pretaljenih sintetičnih žlinder za odžveplanje jekel zunaj peči je zanimiva predvsem pri tistih kvalitetah jekel, za katere se postavljajo ostre zahteve glede vsebnosti sulfidnih, toda v nekaterih primerih tudi oksidnih in nitridnih vključkov.

Preliminarni poskusi odžveplanja cementacij-skega jekla EC-80 zunaj peči s trdno, pretaljeno sintetično žlindro tipa $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaF}_2$ so pokazali naslednje rezultate:

1. Dodatek sintetične žlindre v ponovco (v količini 10 kg/t jekla) pred prebodom taline iz peči je prispeval k znižanju vsebnosti žvepla od povprečne vrednosti 0,025 % na 0,016 % S.

2. Poleg absolutnega znižanja vsebnosti žvepla smo opazili, da obdelava s sintetično žlindro daje ožje intervale trosenja vsebnosti žvepla v končni preizkušnji.

3. Za doseg še večje stopnje odžveplanja jekla je potrebno preprečiti odnašanje žlindre (iz peči),

ki ima visoko in spreminjajočo vsebnost SiO_2 . Ravno tako je potrebno preprečiti močno oksidacijo silicija, dodanega v ponovco v obliki Ca-Si ali Fe-Si, ter erozijo ognjevarnega materiala s tekočim jeklom.

Literatura:

1. Koroušič, B. et al: Rafinacija kvalitetnih jekel s sintetičnimi žlindrami, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, Nal. 139, december 1973.
2. Voinov, S. G., A. G. Šalimov, A. F. Kasai, E. S. Kalinikov: Rafiniranje stali sintetičeskimi šlakami. Izd. »Metallurgija«, Moskva, 1970.
3. Vlasov, N. N. et al: K vnepečnomu obserivaniju stali, Izv. VUZ, Črna metallurgija 8 (1968) 47-49 (1898).

ZUSAMMENFASSUNG

Der moderne Einschlackenprozess der Stahlerzeugung ermöglicht bei der Anwendung aller bekannten technologischen Massregeln die Erreichung sehr niedriger Sauerstoffgehalte, aber nicht auch Schwefelgehalte.

Die Anwendung der Festen und noch besser der flüssigen synthetischen Schlacken aus dem System $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaF}_2$ gibt eine Möglichkeit für die Entschwefelung ausserhalb des Ofens.

Für unsere Versuche haben wir feste im Elektroofen erschmolzene syntetische Schlacken des Types $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ mit verschiedenem SiO_2 Gehalt angewendet. Die Schlacke ist aus dem Ofen im Wasser granuliert worden.

Die Versuche sind am 25 Tonnen Lichtbogenofen im Hüttenwerk Ravne durchgeführt worden. Die übliche Technologie der Erzeugung des Einsatzstahles EC-80 (16 MnCr 5) basiert auf dem Einschlackenprozess und intensiver Mischung des Stahles mit der Abstichschlacke.

Die synthetische Schlacke ist vor dem Abstich in einer Menge von 10 kg/Tonne der Pfanne zugegeben worden.

Chemische Analyse des Stahles und der Schlacke vor und nach der Behandlung zeigte:

1. Dass der Schwefelgehalt des Stahles durchschnittlich um 0,016 % gefallen ist, wobei der durchschnittliche Entschwefelungsgrad rund 27 % und der maximale (bei dem Verhältniss $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 26$) 55 % betrug.

2. Der SiO_2 Gehalt in der Pfannenschlacke nach der Stahlbehandlung betrug durchschnittlich 20 %, was mit dem Mischen der syntetischen mit der Ofenschlacke, starker Siliziumoxydation und Erosion der Pfannenausmauerung geklärt werden kann.

Der Aluminiumgehalt im Stahl vor dem Vergiessen in die Kokillen war etwas höher als bei der normalen Praxis, was sicher eine Folge der teilweisen Reduktion des Al_2O_3 durch Silizium ist.

Eine weitere Vergrösserung der Entschwefelungswirkung der synthetischen Schlacke kann durch das schlackenfreie Abgiessen des Stahles aus dem Ofen und durch eine Umänderung beim legieren mit CaSi und FeSi in der Pfanne erzielt werden.

SUMMARY

Modern single-slag processes of manufacturing structural steel enable very low oxygen contents but not always also low sulphur contents though all the known technological measures are applied.

Use of solid and even more of molten synthetic slags of $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaF}_2$ system offers the possibility of reduction of sulphur content outside the furnace.

In our experiments solid remelted $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ synthetic slag with varied SiO_2 content was applied. Synthetic slags were prepared in a three-phase electric furnace and then granulated in water.

Experiments were made in a 25 t electric arc furnace in Ravne Steelworks. Standard technology of manufacturing EC-80 carburizing steel (16MnCr5) is based on a single-slag process by stirring the steel and the furnace slag.

Before tapping the molten steel, synthetic slag (about 10 kg per ton steel) was feeded with other additions into the ladle.

Analysis of chemical composition of steel and of slag before and after the treatment by synthetic slag showed: 1. sulphur content in steel was reduced in average to about 0.016 % (average degree of desulphurisation was about 27 %. Maximal degree of desulphurisation which was 55 % was achieved at the slag basicity CaO/SiO_2 is 26). 2. SiO_2 content in slag taken from the ladle after the steel treatment was about 20 % which can be explained only of synthetic slag was somehow mixed with the furnace slag, by high degree of oxidation of silicon added into the ladle, and by the erosion of refractory lining by molten steel.

Aluminium content in steel before casting into moulds was slightly higher than in usual practice which is very probably caused by partial reduction of Al_2O_3 by silicon.

Further increase of effectiveness of solid synthetic slag in desulphurisation of steel outside the furnace can be achieved if the furnace slag will no be pulled by the jet of molten steel, and by a partially changed way of adding Ca-Si and Fe-Si into the ladle.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный способ изготовления конструкционных сортов стали с одним шлаком позволяет, при соблюдении всех известных технологических мер, получение стали с низким содержанием кислорода, но не всегда низкого содержания серы.

Употребление твёрдых, ещё лучше жидких синтетических шлаков системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$ даёт возможность уменьшить содержание серы также и вне печи.

При опытах употребляли твёрдых, переплавленный синтетический шлак типа $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ с переменным содержанием SiO_2 . Этот синтетический шлак приготовлен в трёхфазной электрической печи с последующим гранулированием в воде.

Опыты выполняли в 25-ти т. электродуговой печи в Металлургическом заводе Равне. Стандартная технология изготовления стали для цементации марки (BC-80 (16 MnCr5) основывается способом с одним шлаком, перемешиванием стали с печным шлаком.

До выпуска расплавленной стали из печи в ковш загружают синтетический шлак (10 кг/т стали) а также и остальные добавки.

Химический анализ стали и шлака до и после обработки с синтетическим шлаком показал следующее:

1. содержание серы в стали уменьшалось в среднем на прибл. 0,016 % S т. е. уменьшение серы представляло в среднем около 27 % а макс. уменьшение при основности $\% \text{CaO} / \% \text{SiO}_2 = 26$, представляло 55 %;

2. содержание SiO_2 в шлаке взятого из ковша по обработке стали представляло в среднем около 20 %; это можно пояснить только как последствие перемешивания синтетического шлака с печным шлаком, с сильным окислением кремния добавленного в ковш и эрозией огнеупорного материала расплавленным металлом.

Содержание алюминия в стали до литья в изложницу было немного выше при сравнении с нормальным способом; ясно что это последствие частичного восстановления Al_2O_3 с кремнием.

Последующее увеличение эффекта твёрдого синтетического шлака для удаления серы из стали вне печи возможно достигнуть, если вполне предобратить выпуск печного шлака в струёй жидкой стали, а также некоторым изменением способа добавки Ca-Si и Fe-Si в ковш.

Vpliv kemijske sestave in načina izdelave nepomirjenega jekla na čistočo pri toplovaljanih trakovih

DK: 669.141.241.4
ASM/SLA: ST-d, 4-53

Arh Joža, B. Stocca, M. Piščanec, H. Zupan
Železarna Jesenice

F. Vodopivec T. Lavrič — Metalurški Inštitut —
Ljubljana

Izdelava nepomirjenega jekla je zahtevna. Potrebno je poznati dogajanja v peči med izlitjem jekla iz peči v ponev in med vlivanjem. Članek obravnava celo vrsto tehnoloških vplivov na čistočo jekla v obliki toplo valjanega traku, od sestave jekla ob raztalitvi, pred prebodom jekla iz peči, končne sestave, temperature jekla, raznih načinov vlivanja in podobno. Na koncu je predlagana takšna sestava jekla, ki naj bi zagotavljala čim manj nekovinskih vključkov v jeklu.

UVOD

Kvaliteta nepomirjenega jekla je v veliki meri odvisna od kuhanja jekla v kokili. Obvladovanje kuhanja je zato bistven pogoj za izdelavo neoporečnega izdelka. Pogojuje pa tudi poznavanje vseh veličin, ki vplivajo na izkuhavanje jekla.

Pod dobro kvaliteto razumemo dovolj debel in čist zunanji rob, ki daje pri nepomirjenem jeklu na slabo in traku zdravo površino brez površinskih napak in zadovoljivo notranjo čistočo. Izkušnje kažejo, da površinskih napak, ki izvirajo iz preplitvih plinskih mehurjev, ne moremo odstraniti niti s flemanjem in v najslabšem primeru je takšen izdelek lahko izmeček. Zato je predvsem treba proizvajati bloke, ki nimajo mehurjev na površini, da zagotovimo neoporečno površino na slabo in traku. Na drugem mestu pa so ukrepi, ki vplivajo na fizikalno čistočo jekla.

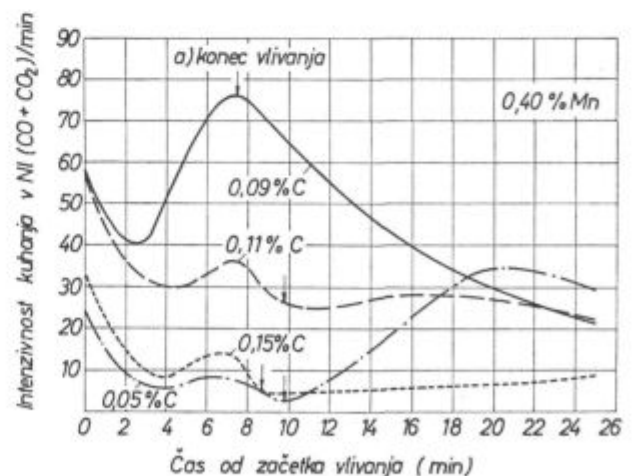
VPLIV KEMIJSKE SESTAVE IN TEMPERATURE JEKLA NA IZKUHAVANJE V KOKILI IN NA KVALITETO POVRŠINE

Obvladanje procesa kuhanja jekla v kokili pri vlivanju je bistven pogoj za doseganje zadostne globine plinskih mehurjev v bloku in dobre površine trakov kakor tudi zadovoljive mikročistoče jekla.

Vpliv kemijske sestave jekla na kuhanje v kokili je že dolgo znan. Jeklarji vedo iz izkušenj, da se da nepomirjena jekla vlivati kvalitetno le, če je njihova kemijska sestava v določenih analiznih mejah. Kuhanje samo se da na enostaven način

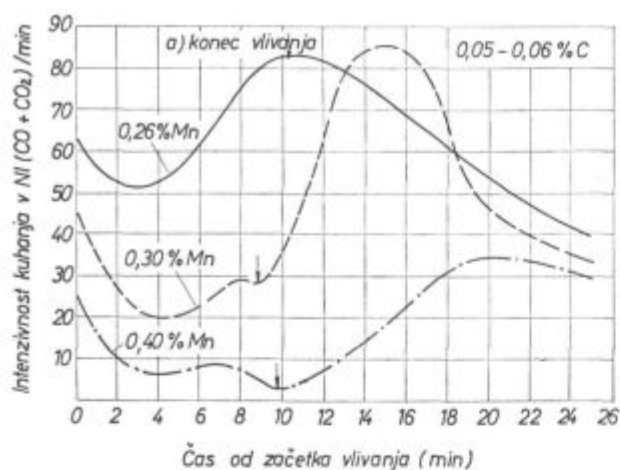
meriti tako, da merimo količino plinov, ki se razvijajo pri kuhanju². Iz diagramov na sliki 1 in 2 je razviden vpliv ogljika in mangana na intenzivnost kuhanja, ki je prikazana v NI sproščenega plina CO in CO₂ za skozi lijak vlite bloke.

Iz slike 1 je razvidna intenzivnost kuhanja v odvisnosti od ogljika pri konstantni vsebnosti mangana. Na sliki 2 pa je prikazana odvisnost intenzivnosti kuhanja od vsebnosti Mn pri konstantnem ogljiku. S sliko vidimo, da nepomirjeno jeklo z nizko vsebnostjo Mn in C močno kuha že ob koncu vlivanja in da je ob naraščajočem Mn in C kuhanje vedno manj intenzivno, maksimum izločanja plinov pa je premaknjen vedno bolj od konca vlivanja. Upoštevati pa moramo, da veljata diagrama za kuhanje brez pristopa zraka ob zaprti kokili in da je kuhanje pri odprti kokili intenzivnejše. Rečemo lahko, da padanje koncentracije ogljika, oziroma naraščanje koncentracije kisika pospešuje kuhanje, medtem ko naraščanje vsebnosti mangana zmanjšuje količine izločenega CO, ker se oksidira v MnO. Iz naših izkušenj tudi vemo, da jeklo, ki vsebuje 0,05 ali manj ogljika in do 0,35 % Mn in je izdelano v SM peči in vlito



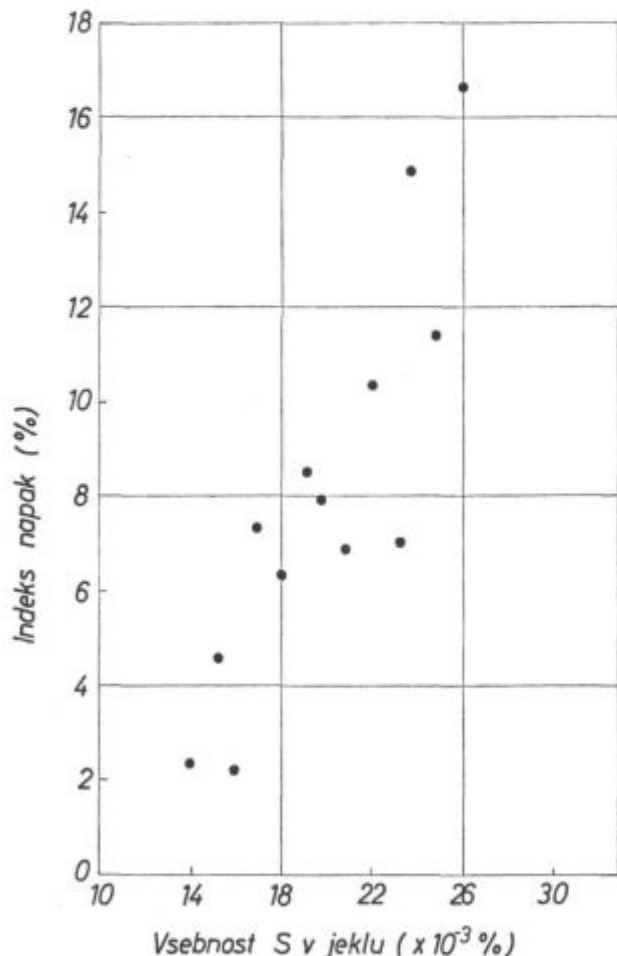
Slika 1
Vpliv ogljika na intenzivnost kuhanja pri konstantni vsebnosti mangana pri vlivanju od spodaj³.

Fig. 1
Influence of carbon on the rimming intensity at the constant manganese content when bottom cast³.



Slika 2
Vpliv mangana na intenzivnost kuhanja pri konstantni vsebnosti ogljika pri vlivanju od spodaj².

Fig. 2
Influence of manganese on the rimming intensity at the constant carbon content when bottom cast².



Slika 3
Vpliv vsebnosti žvepla v nepomirjenem jeklu na delež površinskih napak na trakovih¹.

Fig. 3
Influence of sulphur content in the rimming steel on the amount of surface defects on strips¹.

skozi lijak, tako močno kuha, da proces vlivanja zelo težko reguliramo.

Žveplo močno vpliva na intenzivnost kuhanja, ker zmanjšuje difuzijo ogljika in kisika v CO mehurčke in tako preprečuje njihovo rast. Naraščanje vsebnosti žvepla v jeklu preprečuje razvijanje plina CO, ki kakor pri pomirjenem jeklu povsem preneha, ko vsebnost žvepla doseže nekaj desetink procenta.

Skladno s tem ima žveplo močan vpliv na kvaliteto površine, oziroma na delež površinskih napak 1), 3).

Na sliki 3 vidimo, da s padanjem žvepla v jeklu močno pada tudi delež površinskih napak na trakovih. Podobno in v enakem smislu vpliva tudi mangan.

Japonci¹ so ugotovili močno odvisnost med vsebnostjo žvepla in dodanim aluminijem. Čim nižje je žveplo v jeklu, tem večji mora biti dodatek aluminija.

Poleg žvepla ima pri določeni sestavi nepomirjenega jekla za globoko vlečenje najmočnejši vpliv na kuhanje v kokili in na površinske napake temperatura jekla^{1, 3}. Visoke temperature jekla imajo za posledico višje vsebnosti kisika, zakasnelo strjevanje in penjenje, kar vse slabo vpliva na kvaliteto površine.

Temperatura kokile, kot se zdi, nima nobenega vpliva na intenzivnost kuhanja jekla v kokili^{2, 3}. Ruski podatki pa navajajo, da ima visoka temperatura kokil za posledico tanjšo zunanjo skorjo, oziroma mehurje bliže površini.

Lastne raziskave

Z opisanimi raziskavami smo imeli namen ugotoviti, v kolikšni meri vplivata kemijska sestava in način izdelave na mikročistočo jekla. Za raziskave jekla smo izbrali jekla različne kemijske sestave od 0,04 do 0,15 % C in 0,24 do 0,57 % Mn in različnim razmerjem Mn : C je od 2,26 do 9,5. Vlivali smo pod različnimi pogoji, in sicer smo večji del jekla vsake šarže vlili normalno skozi lijak v odprte kokile. Za primerjavo smo na enem ali dveh blokkih posneli žlindro, druga dva pa smo imeli pokrita od začetka vlivanja, oziroma med kuhanjem, po en ali dva bloka pa smo vlili z vrha.

S postopno regresijo smo hoteli dobiti vrstni red vplivnih faktorjev na mikročistočo jekla. Za raziskavo smo zajeli naslednjih dvanajst vplivnih faktorjev:

1. C₂ — vsebnost ogljika pred prebodom
2. Mn₂ — vsebnost mangana pred prebodom
3. S₁ — vsebnost žvepla ob raztalitvi
4. C_K — ogljik v končni sestavi
5. Mn_K — mangan v končni sestavi
6. S_K — žveplo v končni sestavi
7. C/h — hitrost razogljichenja

8. Mn/C — razmerje mangan skozi ogljik vključkov
10. A + C — vsota plastičnih nekovinskih vključkov
11. B + D — vsota oksidnih nekovinskih
12. skupna — vsota vseh nekovinskih vključkov

Rezultati preiskav:

I. analiza:

Vrstni red vplivnih elementov na vsebnost vključkov (A + C)

1. % Mn pred prebodom (—) 18,8 % korel.
2. Mn/C (+) 3,0 %
3. Temp. preboda (—) 2,6 %
4. % S po raztalitvi (+) 1,9 %
5. % C pred prebodom (+) 1,7 %

Skupni % korelacije 28,0

II. analiza:

Vrstni red vplivnih elementov na vsebnost vključkov (B + D)

1. % C pred prebodom (—) 23,9 % korel.
2. % S po raztalitvi (—) 10,2 %
3. % Mn pred prebodom (—) 2,0 %
4. Mn/C (+) 0,7 %
5. Temp. preboda (—) —

Skupni % korelacije 36,9

III. analiza:

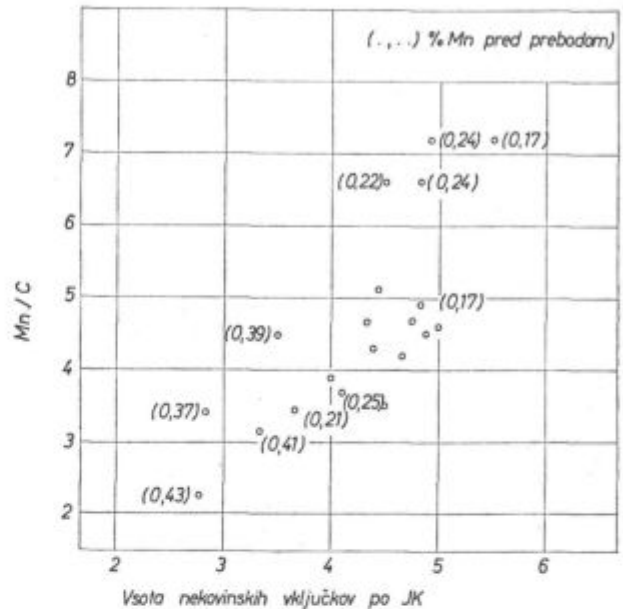
Vrstni red vplivnih elementov na skupno vsebnost vključkov (A + C), (B + D)

1. % Mn pred prebodom (—) 53,5 % korel.
2. Mn/C (+) 13,1 %
3. % S po raztalitvi (—) 2,5 %
4. Temp. pred prebodom (—) 2,7 %
5. C pred prebodom (—) 1,9 %

Skupni % korelacije 73,7

Analiza je pokazala, da posamezni elementi iz končne kemijske sestave šarže nimajo nikakršnega vpliva na količino nekovinskih vključkov, temveč le potek izdelave šarže. Tretja analiza kaže, da je najbolj izrazit vpliv načina izdelave na skupno vsebnost nekovinskih vključkov. Najbolj vpliven element je % Mn pred prebodom, saj pojasnjuje 53,5 % vseh vplivov. Njegov vpliv je negativen. Čim manjša bo vsebnost Mn pred prebodom, tem večja bo količinanekovinskih vključkov in obratno. Drugi vplivni element je razmerje Mn : C iz končne sestave, ki pozitivno vpliva na vsebnost vključkov in pojasnjuje 13 % vseh vplivov. Vsebnost žvepla po raztalitvi, ogljika pred prebodom

in temperatura jekla pred prebodom pa pojasnjujejo približno 7 % nadaljnega vpliva na skupno vsebnost vključkov. Zanimivo je, da hitrost oksidacije ogljika ne vpliva na skupno vsebnost nekovinskih vključkov.



Slika 4

Vpliv razmerja Mn/C iz končne analize in vsebnosti Mn pred prebodom na vsoto nekovinskih vključkov po JK.

Fig. 4

Influence of Mn/C ratio in the final product and Mn content before tapping on the total amount of non-metallic inclusions according to JK scale.

Na sliki 4 prikazujemo vpliv najbolj vplivnih elementov, to je vsebnosti Mn pred prebodom in razmerje Mn : C v izdelanem jeklu, na vsoto nekovinskih vključkov po JK. Najčistejše jeklo smo dobili na traku kvalitete Č 03 V Rog in Č 0371 Kovanar, kjer je razmerje Mn : C najnižje in vsebnost Mn pred prebodom najvišja in obratno. Pri kvaliteti Č 0147 HVT se giblje razmerje Mn : C pri preiskanih šaržah od 3,7 do 7,2, v povprečju pa 5,25. Ugotavljamo, da je sestava nepomirjenega jekla za HVT neugodna in da lahko pričakujemo izboljšanje čistoče le pri spremembi sestave v smislu teh ugotovitev.

Vpliv različnih načinov vlijanja jekla na čistočo

Nekatere od poskusnih šarž smo vlili na razne načine, da bi ugotovili, če imajo le-ti kakšen vpliv na čistočo jekel. Razen normalnega vlijanja skozi lijak v kokilo OK 650 pri odkriti površini jekla smo na dveh blokih posneli žlindro, ki se nabira na površini, po dva bloka smo vlivali v pokrito kokilo ves ča vlijanja in kuhanja, po dva bloka smo pokrili po končanem vlijanju, dva pa smo vlili z vrha.

Jeklo pri kuhanju v kokili reagira z velikimi količinami kisika iz zraka, ki ga porablja za oksidacijo ogljika in izhaja iz jekla kot CO in za oksidacijo železa in mangana, pri čemer se tvori žindra, ki v večji ali manjši količini plava na površini.

Če dostop zraka zapremo, tako da kokilo pokrijemo, jeklo izkuha le s kisikom, ki ga prinese s seboj iz peči. Pokazalo se je, da je kisika v samem jeklu v ponvi premalo za dobro kuhanje. Jeklo je v kokili raslo zaradi preslabotne reakcije ogljika s kisikom, površinski mehurji so bili bližje površini in robovi trakov na nogi hrapavi ali raztrgani.

Obratni učinek dosežemo, če žindro s površine posnamemo. Jeklo odkrijemo, ga izpostavimo vplivu zunanega zraka in dosežemo intenzivno kuhanje. Zunanja homogena skorja bloka je debelejša in površina trakov lepša.

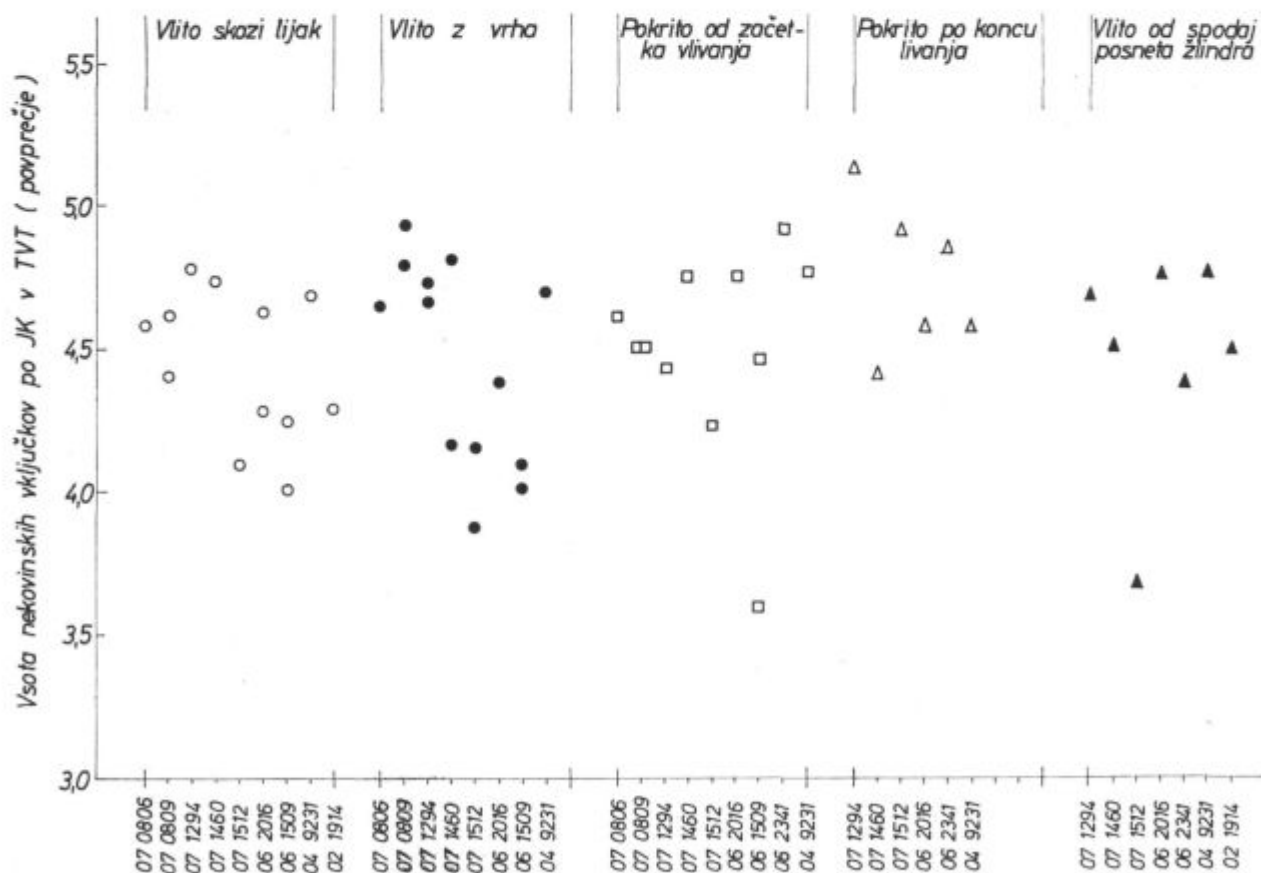
Vsi ti različni ukrepi pri vlivanju pa na čistočo jekla nimajo nobenega zakonitega vpliva.

S slike 5 se vidi, da ni nobene bistvene razlike v čistoči jekla v primerjavi z vlivanjem skozi lijak.

Niti vlivanje z vrha niti posnemanje žindre in pokrivanje jekla med vlivanjem in kuhanjem nimajo značilnega vpliva na mikročistočo jekla.

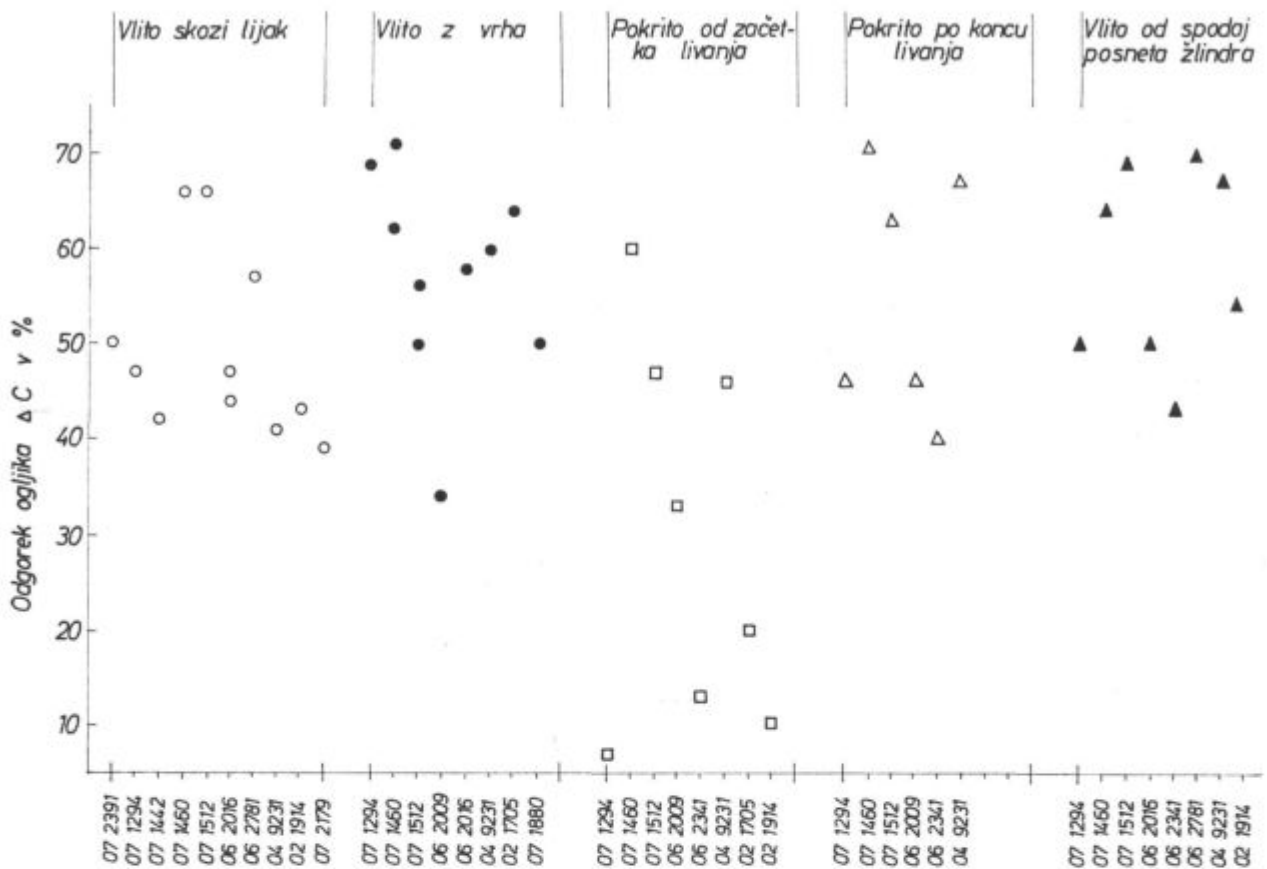
Odgor elementov ogljika in mangana med kuhanjem v kokili

Pri kuhanju v kokili odgorevajo ogljik, mangan in železo. Kolikšen je odgor, je odvisno predvsem od trajanja kuhanja in od dostopa zraka v kokilo. Najmanjši odgorek imamo, če jeklo blokiramo z Al ali Si, s čimer kuhanje zaustavimo. Manjši odgorek imamo, če vlivamo v pokrite kokile. Tudi velika količina žindre na površini prepreči dostop zraka do jekla. Ker jeklo kuha, vse dokler ga ne pokrijemo, je pravi trenutek za pokrivanje izredno važen. Čim dalj pustimo jeklo kuhati, čim kasneje pa pokrijemo, večji bo odgorek. Najboljše razmere za enakomerno pokrivanje so pri vlivanju z vrha v eni vrsti. Pri vlivanju skozi lijak po več blokov naenkrat so razmere slabše, ker pač ne moremo pokriti vseh blokov naenkrat. Razmere v naši livni jami so glede tega neugodne, zato so med posameznimi bloki pri eni šarži v odgorku in izcejah velike razlike.



Slika 5
Odvsnost med vsoto nekovinskih vključkov po JK in različnimi načini vlivanja pri različnih šaržah.

Fig. 5
Relationship between the total amount of non-metallic inclusions according to JK scale and the various ways of casting of different batches.



Slika 6
Odnos med odgorkom ogljika (ΔC) in različnimi načini vlitja pri različnih šaržah.

Fig. 6
Relationship between the carbon loss (ΔC) and various ways of casting different batches.

Na sliki 6 je prikazan odgorek ogljika (ΔC) pri različnih šaržah za razne načine vlitja. Od povprečnega odgorka, ki se giblje okrog 50 %, močnejše odstopajo le bloki, ki so bili pokriti ves čas vlitja in kuhanja. Jeklo v tem primeru izkuha le s kisikom, ki ga prinese s seboj in je tako lahko ta odgorek zelo nizek. Odgorek ogljika je nekoliko večji pri vlitju z vrha, ker je na površini manj žlindre in boljši dostop kisika do jekla. Podobne razmere imamo, če žlindro posnamemo, kuhanje je boljše in odgorek večji.

Na sliki 7 pa prikazujemo porazdelitev ogljika vseh preiskanih šarž v šaržni analizi (a) in v vroče valjanem traku (b). Ogljik v vroče valjanem traku (b) je srednja vrednost vseh analiz iz začetka, sredine in konca z roba in sredine traku.

Kar 62 % vseh šarž je imelo v končni sestavi od 0,04 do 0,07 % ogljika, to je v območju, ki je predpisano za hladno valjane trakove v kvaliteti globoki vlek. V vroče valjanih trakovih z maks. 0,07 % C v šaržni analizi so vse vrednosti za ogljik < 0,04 % C. 73 % vse h vrednosti je < 0,035 % C, 53 % vseh vrednosti pa je < 0,030 % C.

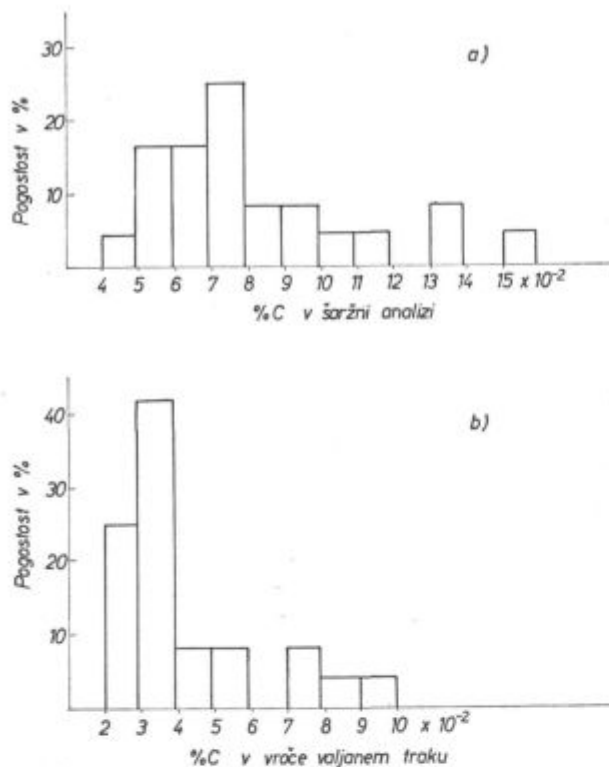
Odgorek mangana (ΔMn) na splošno znaša od 0,01 do 0,06 %, v povprečju pa 0,035 %. Glede na

vsebnost Mn v končni sestavi predstavlja ta odgorek približno 10 % izgubo Mn, ki kot MnO preide v žlindro.

Glede na to, da je v vroče valjanem traku pri kvaliteti Č 0147 HVT z največ 0,07 % C v končni sestavi vsebnost ogljika v vroče valjanem traku pod 0,04 %, polovica vseh vrednosti pa celo pod 0,03 % C, se lahko vprašamo, če je tako nizka predpisana vsebnost ogljika v šaržni analizi zares potrebna. Ugotovili smo že, da je tako jeklo mnogo bolj nečisto kot jeklo z višjim % ogljika. Vlitje takšnega nizkoogljicnega jekla z ogljikom pod 0,06 % je težje, možnost preoksidacije jekla v peči je večja.

Slika 8 prikazuje primerjavo v vsebnosti ogljika v šaržni analizi med tujimi trakovi (8 a), ki jih predelujemo v naši železarni, in domačimi (8 b) pri kvaliteti Č 0147 za globoko vlečenje.

Vidimo, da tuji proizvajalci izdelujejo jeklo v kvaliteti Č 0147 HVT z višjo vsebnostjo ogljika. To pa je sestava, ki zagotavlja lažje obvladanje postopka vlitja in ki zagotavlja tudi boljšo čistočo jekla. Razmerje Mn : C je pri teh jeklih v mejah od 2,8 do 5,7, v povprečju pa 3,82.



Slika 7

Primerjava v porazdelitvi ogljika vseh preiskanih šarž
 a) v šaržni analizi
 b) v vroče valjanem traku, kjer je %C srednja vrednost vseh analiz iz glave sredin in noge iz roba in sredine traku.

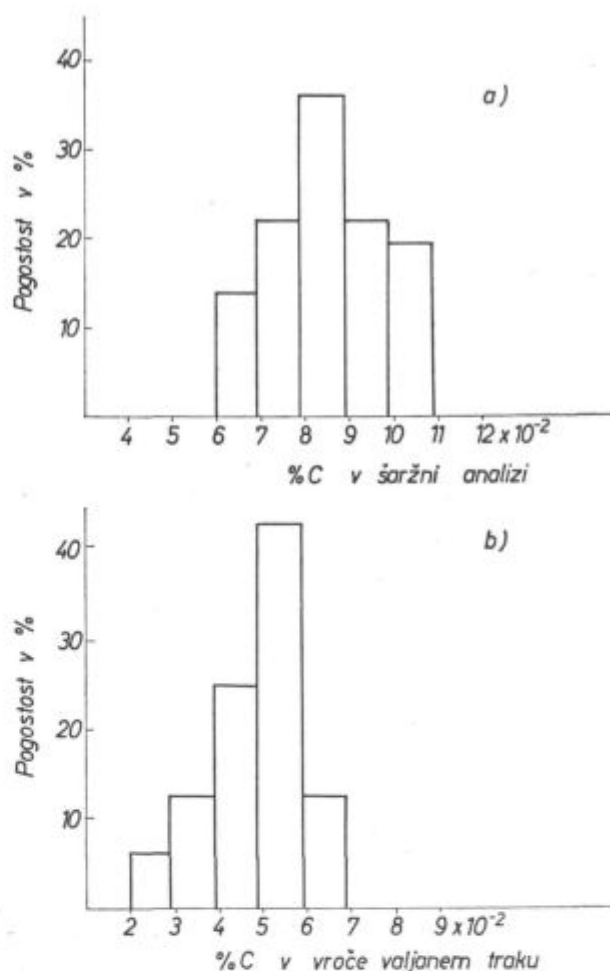
Fig. 7

Comparison of carbon distribution in all the tested batches
 a. in the batch analysis
 b. in the hot rolled strip where %C represents the mean value of analyses of the beginning, centre, and the end of strip taken on the edge and in the centre.

Dve poskusni šarži, ki smo jih izdelali namenško z 0,09, oziroma 0,10 % C v končni sestavi, sta potrdili prejšnje ugotovitve (glej sl. 4) o vplivu razmerja Mn : C na čistočo.

RAZMERJE MED OGLJIKOM, MANGANOM KISIKOM V JEKLU PRI VLIVANJU IN V VROČE VALJANEM TRAKU

Ta razmerja so prikazana na sliki 9 za analize kisika, ogljika in mangana iz curka jekla pri vlivanju (končna analiza) in iz slike 10 za analize kisika, ogljika in mangana iz vroče valjanega traku, posebej za rob in sredino. V diagramih je vrisana ravnotežna krivulja po P. Nillesu za Fe — C — O sistem⁴. Srednje vrednosti za kisik sicer sledijo ravnotežni krivulji, vendar pa je raztros posameznih vrednosti tako velik, da le na osnovi kemijske sestave taline ne moremo z gotovostjo določiti oksidacijske stopnje jekla niti v peči niti v ponvi in ne v bloku. Upoštevati tudi moramo, da se posamezne vrednosti za kisik pri eni šarži od peči do bloka, oziroma valjanca močno spre-



Slika 8

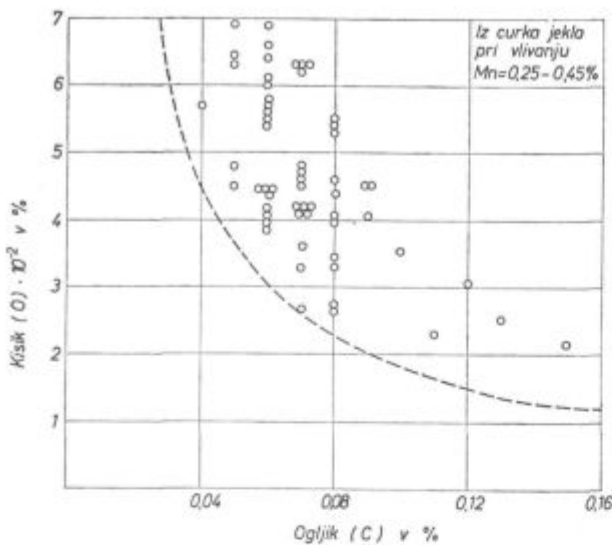
Primerjava vsebnosti ogljika v šaržni analizi
 a) med tujimi trakovi, ki jih predelujemo v naši železarni
 b) domačimi pri kvaliteti C 0147 za globoko vlečenje.

Fig. 8

Comparison of carbon content in the batch analysis
 a. foreign strips which are worked in our steelworks
 b. all analyses of the beginning, centre, and the end of strip taken on the edge and in the centre.

minjajo in da visoke vsebnosti kisika v peči, oziroma v curku jekla ne pogojujejo tudi visokih vsebnosti kisika v valjancu. Za praktično izdelavo jekla to pomeni, da le na osnovi poznavanja vsebnosti kisika v peči ni mogoče s korekturo v ponvi (Al) doseči optimalne oksidacijske stopnje, ki je potrebna za dobro vlivanje.

Kisik, ki je v jeklu v ponvi v prenasčenem stanju (sl. 9), se namreč že v prvih minutah strjevanja v kokili odstrani preko plinske faze z ogljikom do take mere, da ga celo v preostanku taline, to je na področju največjih izcej v glavi in sredini bloka, ne najdemo v bistveno večjih količinah (sl. 10), čeprav ves čas vlivanja in izkuhanja dotekajo v jeklo preko površine znatne količine kisika iz zraka. Vsebnosti kisika v vroče valjanem traku so z izjemo največjih izcej nižje od ravnotežnega stanja za posamezne vsebnosti ogljika.

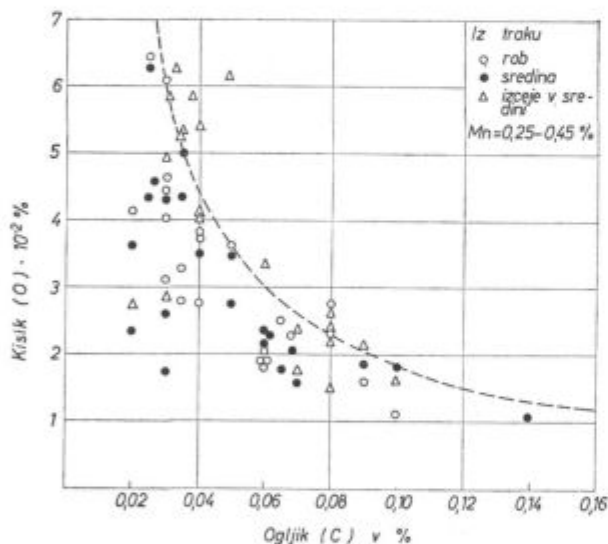


Slika 9

Razmerje med kisikom, ogljikom in manganom v curku jekla po vlivanju.

Fig. 9

Relationship between the oxygen, carbon, and manganese content in the jet of molten steel after casting.



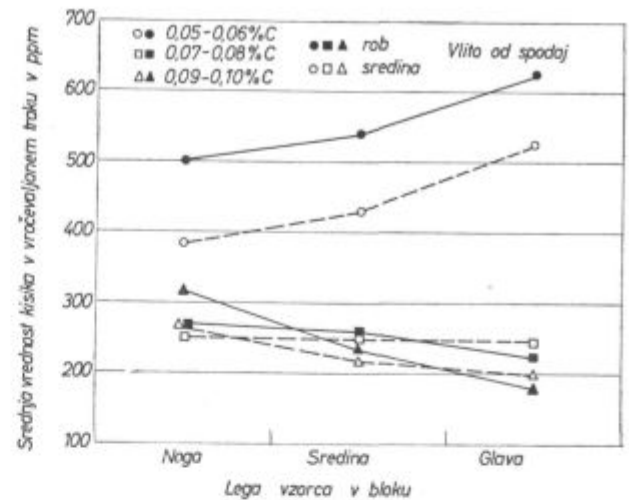
Slika 10

Razmerje med kisikom, ogljikom in manganom v vroče valjanem traku.

Fig. 10

Relationship between the oxygen, carbon, and manganese content in the hot rolled strip.

Na sliki 11 so prikazane srednje vrednosti kisika, odvisno od lege vzorca v bloku, posebej za rob in posebej za sredino traku za tri različne vrednosti ogljika v šaržni analizi. Vidimo, da je rob zaradi tega, ker se hitro strdi, zelo nečist. Ta razlika je posebno očitna pri mehkem jeklu z 0,05 do 0,06 % C, saj posamezne vrednosti na robu dosega preko 2000 ppm kisika. Navedeno se prav dobro ujema z mikročistočo, ki je pri tej sestavi najslabša. Jekla z nad 0,07 do 0,10 % C vsebujejo



Slika 11

Primerjava srednjih vrednosti za kisik pri različnih vsebnostih ogljika v šaržni analizi odvisno od lege vzorca v traku za rob in sredino.

Fig. 11

Comparison of mean values of oxygen content for various carbon contents in the batch analysis depending on the position of the taken sample in the strip, separately for the edge and the centre.

v povprečju znatno manj kisika. Tudi razlike med robom in sredino so manjše. V glavi in v sredini pa je vsebnost kisika na področju največjih izcej večja kot na robu traku. Jeklo je najčistejše med zunanjim robom in področjem največjih izcej.

KVALITATIVNA IN KVANTITATIVNA ANALIZA VKLJUČKOV V NEPOMIRJENEM JEKLU⁵

Nekovinski vključki so v jeklu lahko različnega izvora:

1. kot dezoksidacijski produkti nastali pri nepomirjenem jeklu zaradi dodatka feromangana in aluminija za korekturo vsebnosti kisika;
2. kot eksogeni vključki od obzidave ponve, izlivka, lijaka in kanalske opeke;
3. kot žlindra, ki nastaja na meji strjevanja in zaradi oksidacije z zunanjim zrakom med kuhanjem v kokili;
4. kot sekundarni izločki, ki se tvorijo med strjevanjem.

V nepomirjenem mehkem jeklu prevladujejo po številu med strjevanjem sekundarno izločeni nekovinski vključki. Te nekovinske vključke lahko analitično zajamemo z analizo celotnega kisika in analizo žvepla. Vsebnost teh dveh je lahko merilo za onesnaženost jekla.

Nas je pri tem delu zanimala mikrostruktura vključkov in eventualni vpliv tehnologije izdelave na sestavo le-teh. To nalogo je opravil Metalurški inštitut v Ljubljani na vzorcih jekla, ki smo jih vzeli v procesu izdelave, to je med rafinacijo, iz

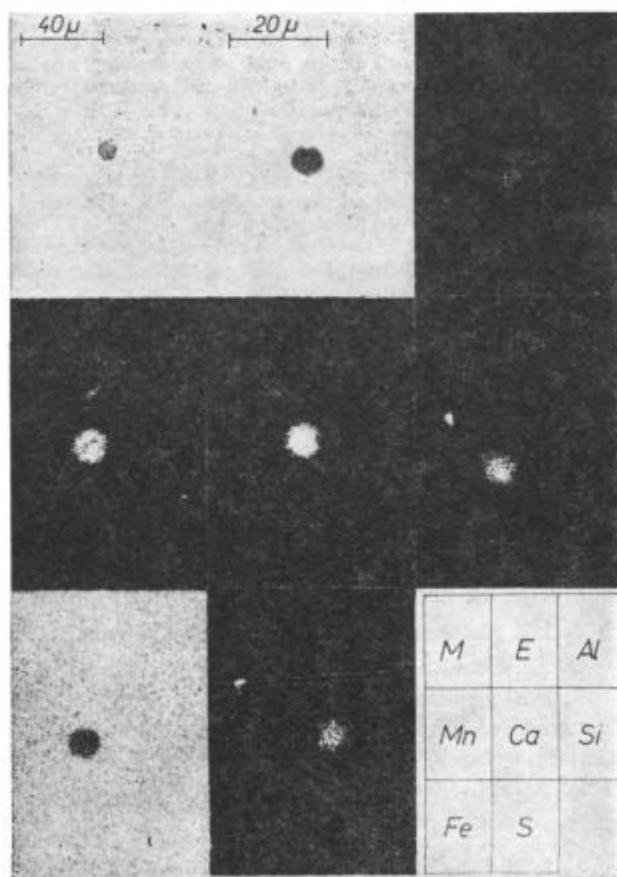
bloka in valjanca. V času rafinacije smo vzorce jemali tako, da smo jeklo iz zajemalke še nepomirjeno vlili na jekleno ploščo, kjer se je v trenutku strdilo. Preiskani bloki so bili vliti sifonsko — od spodaj — in preiskave vključkov so bile izvršene z elektronsko mikroanalizo in še z mokro mikroanalizo izolata, ki naj bi dala povprečne sestave vključkov.

1. Elektronska mikroanaliza

Sestava vključkov v nepomirjenem jeklu se bistveno razlikuje od vključkov v pomirjenem jeklu. Glavni sestavini vključkov v nepomirjenem jeklu sta oksida MnO in FeO. To predvsem velja za čas izdelave jekla v peči. V tem času so vključki zelo majhni, še ne koagulirani po sestavi, trdna raztopina oksidov mangana in železa, deloma tudi oksisulfidi, večinoma z majhnim deležem kromovega oksida. Razmerje med MnO in FeO je v

teh vključkih različno, pri nekaterih prevladuje MnO, pri drugih FeO. MnO se večinoma giblje od 20 pa do 70 %, FeO pa niha v širših mejah od 20 do 100 %. Predvsem v vzorcih, ki so bili vzeti v času raztalitve, najdemo več vključkov, ki so sestavljeni pretežno ali v celoti iz FeO. Na koncu žilavenja, to je preden jeklo izpustimo iz peči pri vsebnosti ogljika od 0,05 % do 0,10 %, so vključki bolj homogeni. V njihovi sestavi prevladuje FeO. Na sliki 12, 13 in 14 prikazujemo sestavo takšnih vključkov.

V strjenem bloku, oziroma v valjancu se sestava nekovinskih vključkov spremeni. Morfološko

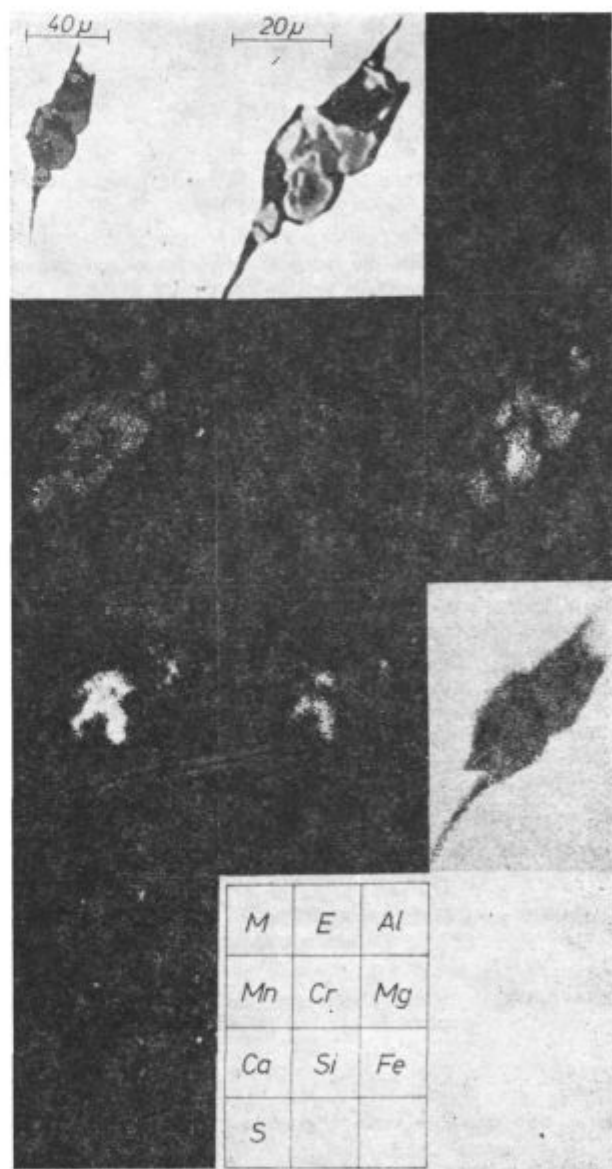


Slika 12

Na tem in na naslednjih posnetkih pomenijo: M — mikroskopski posnetek; E — elektronski posnetek; Al, Mn, Si, itd. — specifični X posnetek za označeni element. Krogličast vključek MnCa silikata s primesjo sulfida.

Fig. 12

Spheroidal inclusion of manganese-calcium silicate with addition of sulphide (M — microphotograph, E — electron picture, Al, Mn, Si, etc. — specific X-ray pictures for single elements).

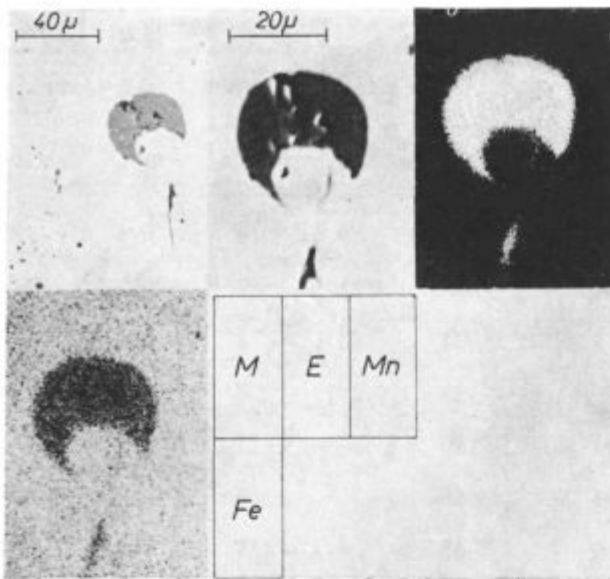


Slika 13

Zraščen večfazni oksidni vključek, v katerem najdemo Mn, Mg, Ca, Si in sled sulfida.

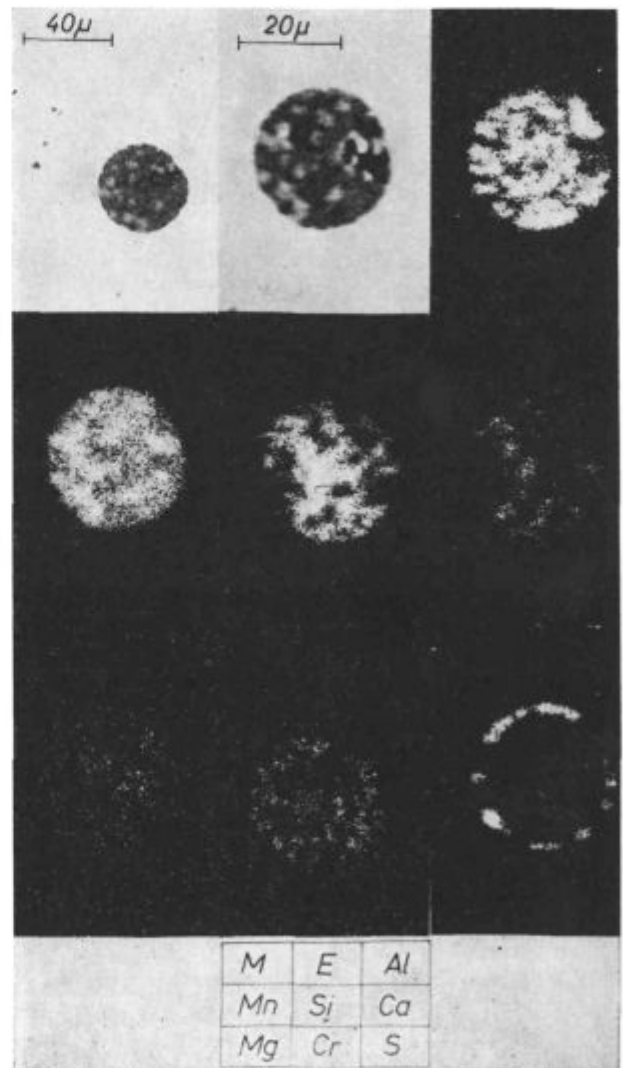
Fig. 13

Intergrown more-phase oxide inclusion containing Mn, Mg, Ca, Si, and S traces.



Slika 14
Vključek MnFe oksida.
Fig. 14
Inclusion of MnFe oxide.

kata. Takšni zrnati vključki so izrazito neugodni predvsem v jeklih za hladno valjane trakove, ker so vzrok mnogih površinskih napak, luskin in podobno. Nastanejo po reakciji manganovega silikata z dodanim aluminijem v kokili, če je aluminij dodan pri vlivanju. Pogosti so tudi zaradi deformacije razpotegnjeni vključki temno sive barve alumosilikatnega tipa, kakršen je na sliki 22. Tudi sliki 23 in 24 predstavljata endogene vključke galaksitne narave. Nastopajo posamezno ali v nizih — oblatih (slika 24). Plastični del teh vključkov sestavlja fina zmes manganovega sulfida in silikata. Ovalni razpotegnjeni konci vključkov na sliki 23 so manganov oksisulfid.



Slika 15
Krogličast oksidni vključek, v katerem najdemo zrastle MnCr Al oksida v osnovi MnCa silikata. Ob površini so drobni sulfidni zrastle.

Fig. 15
Spheroidal oxide inclusion in which intergrown MnCrAl oxide in MnCa silicate matrix can be found. Fine intergrown sulphides are seen on the surface.

in po sestavi so zelo heterogeni. So večji, večinoma zraščeni iz več faz, sekundarno med strjevanjem izločenih vključkov in vključkov eksogenega izvora, predvsem šamota. Delež FeO je v teh vključkih znatno nižji; v večini primerov od 3 do 20 %, v manjših primerih tudi 30 do 40 % in v zelo redkih 80 ali 90 %. FeO se je namreč po reakciji z ogljikom med kuhanjem v kokili razkrojil. Najdemo pa tudi posamezne vključke čistega Al_2O_3 , ki izvirajo iz dodatka aluminija med vlivanjem.

Na slikah 15, 16, 17 in 18 je prikazanih nekaj značilnih nedeformiranih vključkov iz vogalnega preizkušanca, vzetega na nogi bloka. Vključki s slike 15 in 16 so okrogli, zraščeni iz poligonalnih ali zaobljenih temnejših in svetlejših zrn v temnosivi prosojni osnovi. Osnova vključkov je manganov silikat s precej Al_2O_3 ali manganov alumosilikat z različno sestavo. Ta faza vsebuje stalno količino FeO in malo CaO. Poligonalni zrastle, ki so temnejši od osnove, so galaksitnega tipa (manganov aluminat), vsebujejo nekoliko FeO in do 15 % Cr_2O_3 . Vključek na sliki 17 je sestavljen iz temnega galaksita z nekaj FeO in sledovi kromovega oksida. Svetli in okroglasti vložki so faze MnO FeO in zmes manganovega silikata in sulfida. Na sliki 18 vidimo lep primerok okroglega vključka, ki je sestavljen iz galaksita, manganovega silikata z majhno količino Al_2O_3 in zrnom skoraj čistega Al_2O_3 .

Slika 19 prikazuje mehanizem tvorbe vključkov v kokili pri reakciji med dodanim aluminijem in kalcij-manganovimi silikati.

Vključka na sliki 20 in 21 sta tipična primerka galaksita (manganov aluminat) v osnovi Mn sili-

Tabela 1

Vzorec vključek	ob raztalitvi B 1		pred prebodom B 3			od vrha vlito B 6			iz bloka	
	MnO	FeO	MnO	FeO	Cr ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	CaO
1	1	99	26	70	4,0	54	19	9	16,5	1,5
2	31	69	18	80	2	58	22	7	8	5,0
	33,5	66,5	27,5	68,5	4	31	15	8	46	—
3	1,2	98,8	30	66,5	3,5	58	29	8	4,0	1,0
4	7	93	25	71	4	89	—	11	—	—
5	8,5	91,5	23,5	72	4,5	60	31	9	—	—
6			22,5	74	4,5	65	4	11	19,5	0,5
			21,5	74,5	4,0	53	5	13	29	—
7 vključki			21,5	74,5	4	36	3	7	54	—
vsebujejo						64	14	16	5	1
8 nekaj						44	7	8	40	1
kroma in						51	27	7	14	1
9 sled			vključki			35	2	7	55	1
žvepla			vsebujejo			43	22	7	25	3
10			tudi sled			38	—	7	55	—
			žvepla			52	32	9	5	2
11						62	25	11	1,5	0,5
						67	21	12	—	—
12						61	10	7	22	—
13						39	36	7	14	4
14						65	21	11	2	1
15						91	—	9	—	—
						26	59	9	5	1
						32		11	57	
16						86	—	14		
17						77		23	—	—
						42	35	5	16	2
						42	5	1	43	7
						49	29	8	6	8
18						85	—	15		

Tabela 2

Vključek	I. proba 0,18 % C			pred prebodom 0,05 % C			valjanec			Al ₂ O ₃
	MnO	H 1 FeO	Cr ₂ O ₃	MnO	H 4 FeO	Cr ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	H 7 (S2) FeO	
1	47	51	2	38	61,5	0,5	37	—	7	56
2	47	51,5	1,5	42	57	—	38	—	9	53
3	46,5	52	1,5	41	59	4	36	—	8	56
4	42,5	56	1,5	13	86	1	37	—	9	56
				12,5	87	0,5	49	4	8	39
5	38	60,5	1,5	38	60	2	38	7	6	50
6	42,5	56	1,5	40	57,5	2,5	36	—	8	56
7	51	47,5	1,5	27,5	70,5	2	34	—	11	55
8	49	49	2	35,5	63,5	1	34	—	8	56
10	48	2,5	49,5	18	81,5	0,5	71	—	8	21
11				4,5	95	0,5	34	—	6	60
12	vzorec			18,5	80,5	1,0	34	—	8	58
13	vsebuje tudi			35,5	63,5	1,0	34	—	9	57
14	posamezne			29,5	68,5	2	34	—	8	58
15	oksisulfidne			42	55,5	2,5	36	—	9	55
16	vključke						33		10	57
17							32		10	58
18							93	—	7	—

Galaksitni vključki
vsebujejo do 8 % Cr₂O₃

V tabeli 1 in 2 prikazujemo dva primera kvantitativne mikroanalize vključkov na vzorcih, ki so bili vzeti ob raztalitvi, pred prebodom in iz bloka jekla. Sestava vključkov iz bloka v tabeli 1 se ujema s sliko 15 in 16, v tabeli 2 pa s sliko 22 in 23, vzeto iz valjanca.

Tabela 3

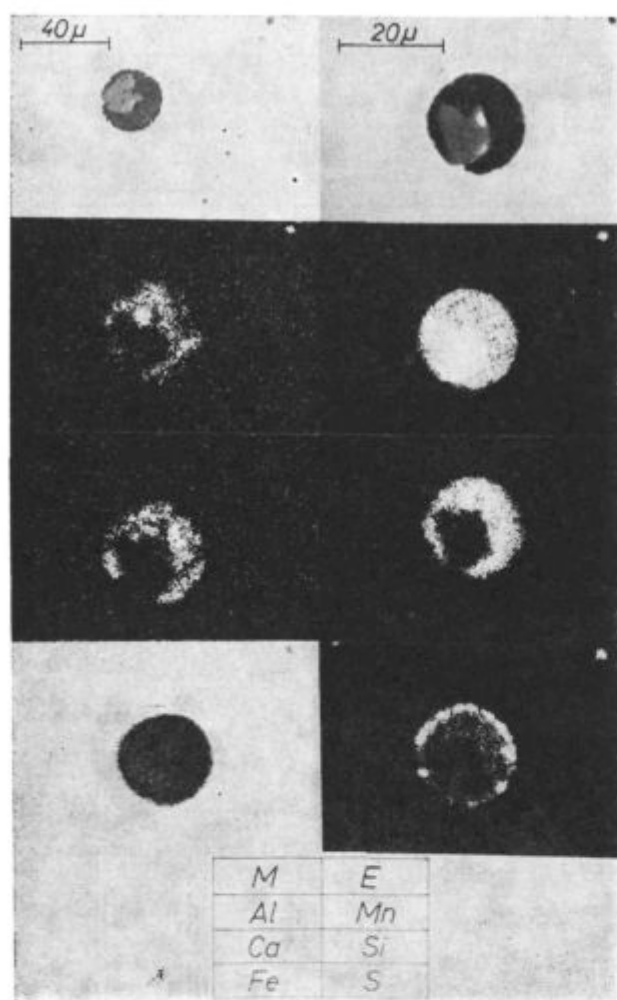
	ob raztalitvi		pred prebodom		v bloku odnosno valjancu		žindra v glavi bloka	
	x	s	x	s	x	s	x	s
FeO	77,3	21,2	59,2	5,9	10,3	8,3	28	7
MnO	23,3	18,3	34,7	16,1	49,7	16,7	49	4
SiO ₂	—	—	—	—	19,6	11,8	15	4
Al ₂ O ₃	—	—	—	—	30,7	22,4	6	2

V tabeli tri pa prikazujemo povprečno sestavo vključkov ob raztalitvi pred prebodom in v bloku, oziroma v valjancu s povprečno sestavo žindre v glavi bloka pri 0,30 do 0,40 % Mn v jeklu.

Odstopanja v sestavi vključkov so zelo velika, kar priča o veliki heterogenosti sestave.

2. KEMIJSKA EKSTRAKCIJA OKSIDNIH VKLJUČKOV IZ NEPOMIRJENIH JEKEL

Kemijska ekstrakcija oksidnih vključkov iz nepomirjenih jekel je zvezana z nekaterimi težavami. Oksidni vključki v nepomirjenih jeklih so v glavnem heterogene steklaste mase, ki sestojijo iz velikega števila komponent. Pri visokih temperaturah se raztapljajo s sulfidi drugi v drugem in so zato tudi po ohladitvi taline sestavljeni iz dela oksida in dela sulfida, kar se kemijskim potom ne da več ločiti. Pri kemijskem raztapljanju se lahko



Slika 16

Krogličast vključek, v katerem je zrno Mn oksida zraščeno v osnovi Mn silikata, ki je na posameznih mestih bogata z Al in Ca. Ob površini so drobni sulfidni zrastki.

Fig. 16

Spheroidal inclusion in which a Mn oxide grain is intergrown in the Mn silicate matrix rich in Al and Ca on some spots. Fine intergrown sulphides are seen on the surface.

razkrojijo oksidi, predvsem MnO, če so pogoji preostri, ali obratno, če so premili, lahko na račun karbidov, sulfidov in nitridov dobimo previsoke vrednosti za okside. Po drugi strani pa pri raztapljanju v brom — metanolu, odvisno od vsebnosti silicija v jeklu lahko izpade več ali manj nezažljene silicijeve kisline, tako da so vrednosti za SiO₂ lahko nezanesljive.

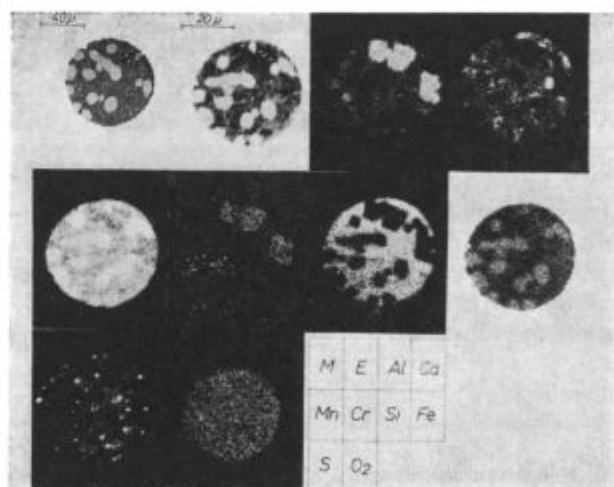
REZULTATI

Za izolacijo oksidnih vključkov je bila uporabljena metoda raztapljanja v brom — metanolu. Pri kemijski analizi izolatov so nastale velike razlike v vsebnosti SiO₂ pri dveh paralelnih določitvah na istem vzorcu. Možno je, da gre za veliko

nehomogenost v razporeditvi silikatnih vključkov v majhnih vzorcih. Rezultati kemijske izolacije in analize pa so v primerjavi s sestavo, dobljeno z elektronsko mikro analizo, previsoki. Poizkusi izpiranja silicijeve kisline s 3 % raztopino natrijevega karbonata niso dali najboljših rezultatov, ker smo z izpiranjem izgubili deloma druge oksidne komponente. Iz primerjave med vsebnostjo celotnega kisika v analiziranih vzorcih in kisika, ki je izračunan iz sestave izolata, lahko ugotovimo, da pride na izolirane vključke samo približno 1/3 kisika, kot ga v jeklu pokaže direktna analiza. To je znak, da kemijski postopek še ni zanesljiv. Rezultati, čeprav relativni, so kljub temu zanimivi. V tabeli 4 prikazujemo povprečno analizo vključkov v jeklu pri petih različno izdelanih šaržah. (Tabela 4).

Vse analize ob raztalitvi in pred prebodom so narejene na nepomirjenih vzorcih, ki so bili odliti iz zajemalke na jekleno ploščo in so brez dodatka silicija ali aluminija. Vzorci iz bloka ali valjanca so prav tako nepomirjeni z eventuelnim dodatkom aluminija, kolikor ga je bilo dodano med vlivanjem.

Primerjava vsote vseh nečistoč v valjancu, oziroma bloku pove, da je najslabša najbolj nečista šarža 07 0806, ki je vлита skozi lijak in blokirana z aluminijem. Ta šarža je tudi raztalila z nizkim ogljikom, hitrost oksidacije je bila majhna, temperatura jekla visoka, zato so tako FeO, MnO in Al₂O₃ prisotni v znatno večji količini kakor v drugih šaržah. Pri najboljši, t. j. 07 0548, ki je vлита skozi lijak in pokrita s pokrovi, je kar 4 × manj



Slika 17

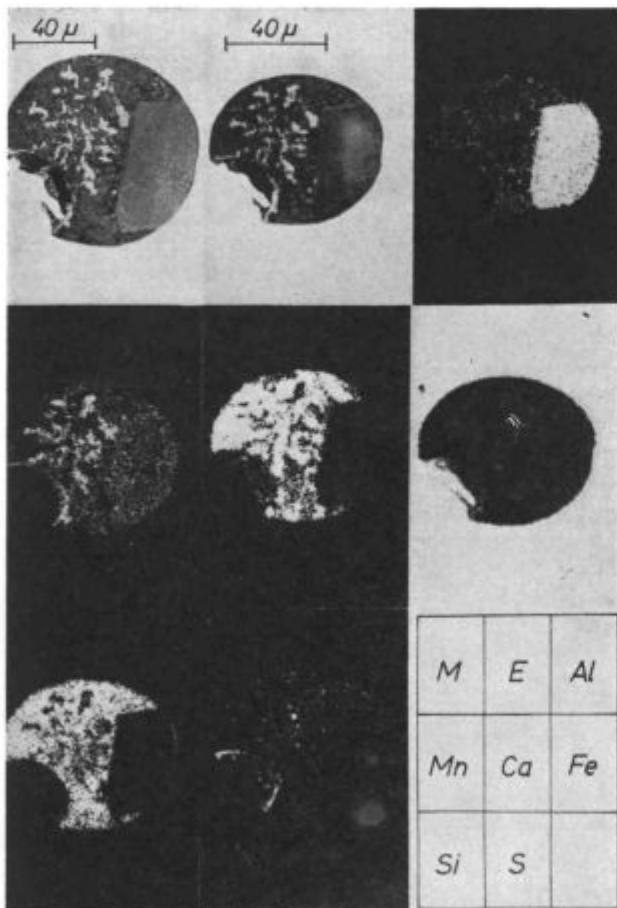
Krogličast kompleksni vključek iz osnove Mn silikata, ki ima precej Ca, Fe in Ca ter zrastkov MnFe oksida, MnCrAl oksida in sulfidnih zrn. Nekaj sulfida je dispergirano tudi v silikatni osnovi.

Fig. 17

Spheroidal complex inclusion in which MnFe oxide, MnCrAl oxide, and sulphide grains are intergrown in the Mn silicate matrix containing Ca, Fe, and Ca. Some sulphide is dispersed in the silicate matrix.

Tabela 4:

Šarža	vrsta probe	C		hit. oks.		%			ppm O	način vliv.
		Mn	% C/h	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	FeO			
070578	ob raztalitvi	1.11	.31	1.09	.0058	.001	.010	.025	170	od vrha
	pred prebodom	.08	.25		.005	.0034	.010	.010	400	blok. Al
	iz bloka	.05	.30		.003	.003	.021	.027	280	blok. Al
070548	ob raztalitvi	1.45	.34	1.10	.0015	.001	.0047	.048	170	od spodaj
	med rafinacijo	.84	.36		.0017	.001	.006	.030	150	od spodaj
	pred prebodom	.15	.22		.0021	.0047	.014	.013	410	pokrito s pokrovi
029978	iz valjanca	.07	.33		.0026	.0047	.012	.010	190	
	ob raztalitvi	.25	.15	.22	.002	.0075	.018	.022	420	od vrha
	pred prebodom	.05	.30		.003	.0075	.015	.009	510	od vrha
061191	iz bloka	.05	.35		.002	.015	.016	.022	700	blok. Al
	iz valjanca	.05	.35		.003	.011	.015	.009	450	
	pred prebodom	.08	.32	.54	.001	.011	.016	.055	480	od spodaj
070806	iz valjanca	.06	.54		.002	.0047	.021	.045	320	pokrito
	ob raztalitvi	.18	.30	.16	.001	.002	.012	.030	—	od spodaj
	iz valjanca	.05	.32		.002	.017	.031	.066	—	blok. Al



Slika 18

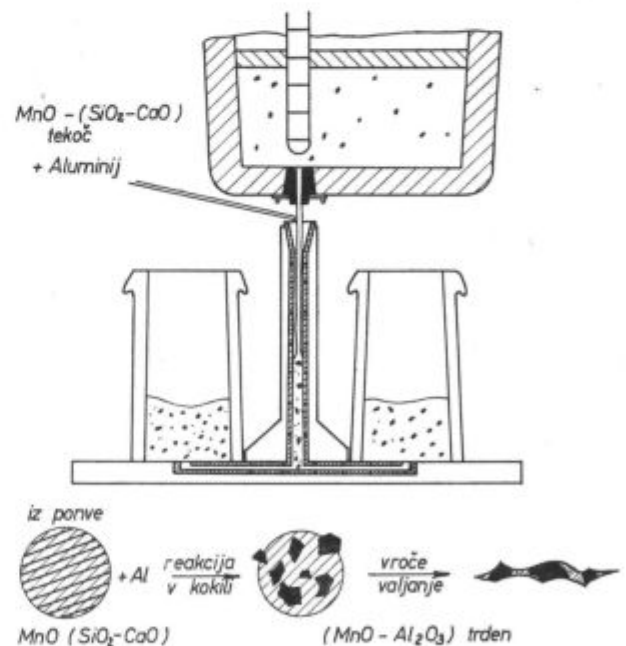
Ovalni vključek je bil pri pripravi obruska poškodovan ob levem spodnjem robu. V vključku je večje zrno MnAl oksida zraščeno z osnovo MnCa silikata, ki vsebuje tudi nekaj Al in drobne dendritne zrastle MnFe oksida.

Fig. 18

Oval inclusion was damaged on the left lower edge during the sample preparation. A bigger MnAl oxide grain is intergrown with the MnCa silicate matrix containing some Al and fine intergrown MnFe oxide particles which have dendritic shape.

oksidnih vključkov. Tudi je bila sicer ta šarža dobro izdelana. Oksidacijska hitrost je bila velika, šarža ni bila preoksidirana.

Rezultati kemijske analize vključkov se prav dobro ujemajo z metalografsko oceno vključkov po JK. Tako ima šarža 07 0806 ugotovljeno zelo veliko število oksidnih vključkov (B + D), ki dosegajo celo vrednosti 6,5.

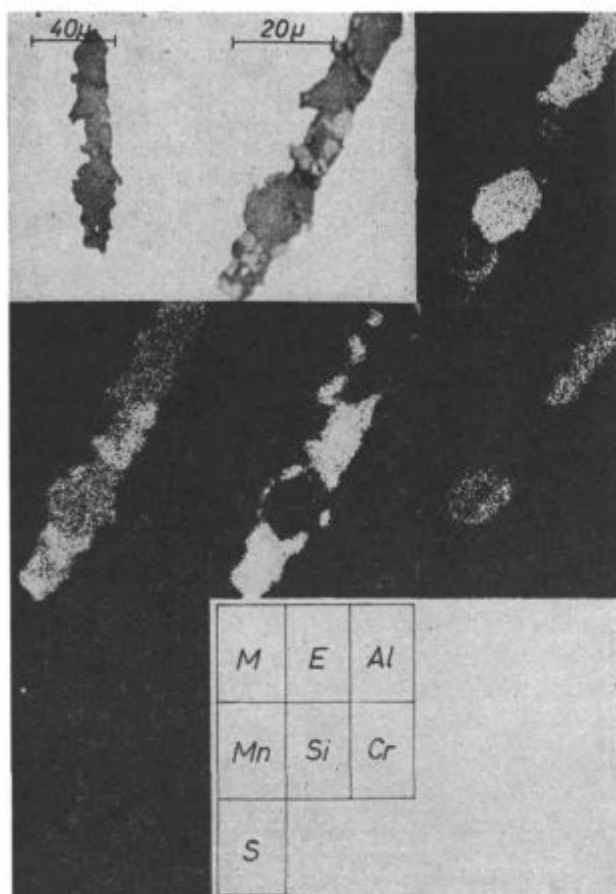


Slika 19

Mehanizem tvorbe vključkov v kokilu pri reakciji med dodanim aluminijem in kalcij-mangnovimi silikati.

Fig. 19

Mechanism of formation of spinel inclusions during the reaction in mould between the added aluminium and the CaMn silicates being brought from the ladle.



Slika 20

Zraščen vključek iz zrn MnCrAl oksida in Mn silikata, ki vsebuje tudi malo Al.

Fig. 20

Intergrown inclusion of MnCrAl oxide and Mn silicate containing some Al.

SiO₂ je v vseh vzorcih prisoten v majhni količini. Iz tehnoloških podatkov ni mogoče ugotoviti kakršnekoli odvisnosti SiO₂ v jeklu od hitrosti oksidacije.

Zaključek

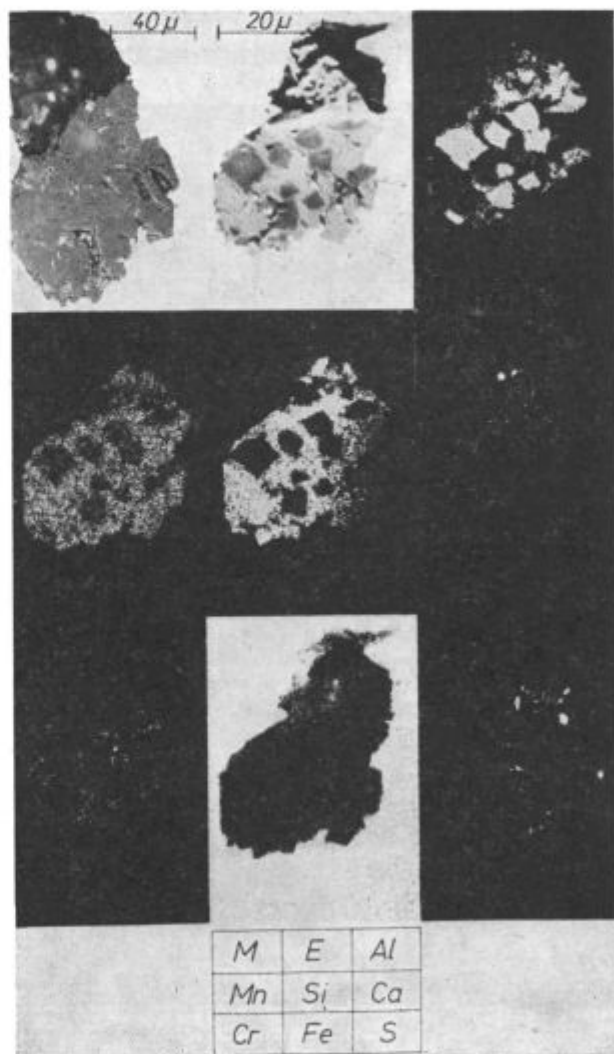
Preiskali smo vrsto možnih tehnoloških ukrepov z ozirom na čistočo, nepomirjenega jekla v vroče valjanem traku, iz česar lahko naredimo naslednje zaključke:

1. Obvladanje procesa kuhanja jekla v kokili pri vlivanju je bistven pogoj za doseganje zadostne globine plinskih mehurjev v bloku in dobre površine trakov, (kakor tudi zadovoljive mikročistoče jekla. Proces kuhanja pa lahko obvladamo le, če ima jeklo za to primerno sestavo.

2. S postopno regresijo 12 vplivnih tehnoloških faktorjev smo ugotovili, da ima najmočnejši vpliv na vsoto nekovinskih vključkov v jeklu % Mn v jeklu pred izlitjem šarže iz peči v ponev. Njegov vpliv je negativen. Čim večja bo količina Mn,

manjša bo količina nekovinskih vključkov v jeklu. To z drugimi besedami pomeni, da grodelj z nizko vsebnostjo mangana, ki ima za posledico nizko vsebnost Mn v času izdelave jekla v peči, neugodno vpliva na čistočo jekla.

3. Na drugem mestu je po pomembnosti razmerje med Mn in C v izdelanem jeklu. Vpliv tega razmerja je pozitiven (glej sl. 4). To pomeni, čim višje bo to razmerje, bolj bo jeklo nečisto in obratno. Iz te druge ugotovitve tudi sledi, da je sestava našega jekla v smislu dobre čistoče neugodna. Razmerje Mn:C se giblje pri dosedanjih analizah jekla Č 0147 HVT, ki so zajete v tej preiskavi od 3,7 do 7,2 in v povprečju 5,35. Za doseganje dobre čistoče jekla pa je zaželeno, da je razmerje Mn:C manjše od 4,3.

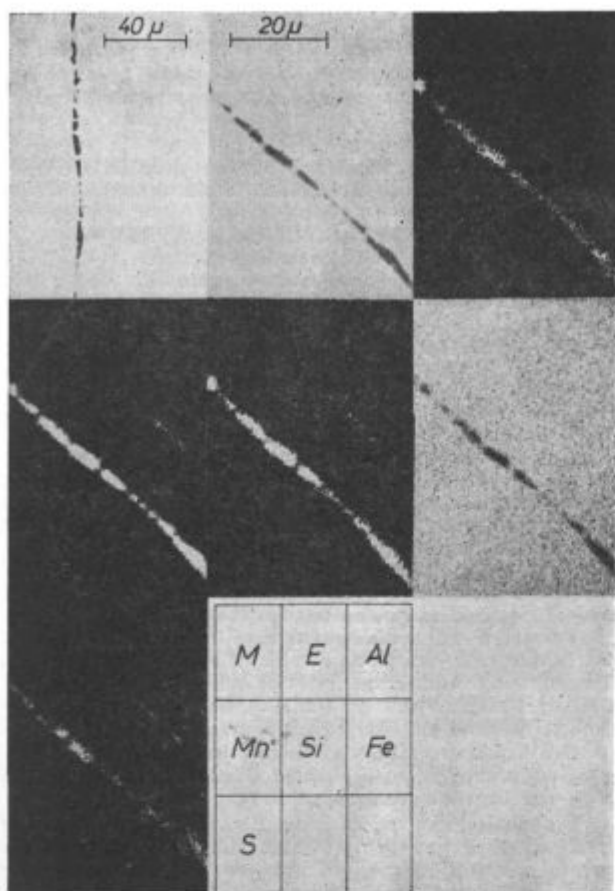


Slika 21

Zraščen vključek iz zrn Al oksida in osnove Mn silikata. V zrnih Al oksida sta tudi Mn in Cr, v silikatu pa Ca in sled sulfida.

Fig. 21

Intergrown inclusion of Al oxide grains and Mn silicate matrix. Al oxide grains contain also Mn and Cr, and the silicate matrix some Ca and traces of S.



Slika 22

Vključek MnAl silikata, ki se je pri predelavi razdelil na kose. V vključku je dispergirani Mn sulfid.

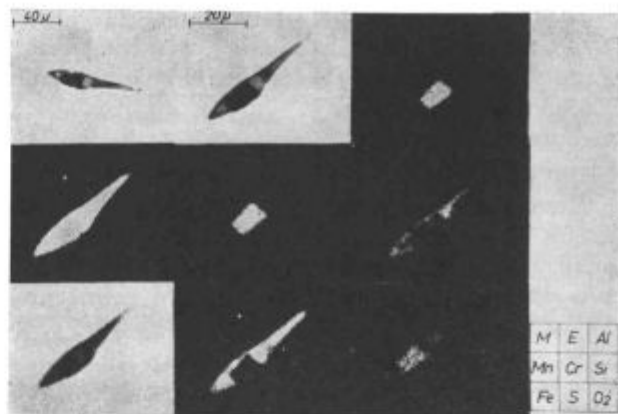
Fig. 22

MnAl silicate inclusion which was broken during working. Mn sulphide is dispersed in the inclusion.

4. Jeklo z nizko vsebnostjo ogljika, 0,06 % in manj, se da v peči enostavno izdelati, ker pač pihamo kisik, dokler ne preneha kuhati. S tem pa smo v veliki nevarnosti, da jeklo preoksidiramo. Zelo težko ali skoraj nemogoče pa je takšno mehko jeklo dobro vlititi, ker so nihanja v vsebnosti kisika pri nizkem ogljiku (slika 9 in 10) velika in je proces kuhanja v kokili težko obvladati. To seveda velja za vlivanje skozi lijak.

Jekla z vsebnostjo ogljika 0,06 % in manj so zaradi preoksidacije zelo nečista. Vsebnost kisika je v primerjavi z jeklom z 0,07 do 0,10 % C neprijetno višja, zlasti je nečist rob (slika 11), kjer zaradi množice oksidnih vključkov posamezne vrednosti dosežajo 2000 in več ppm kisika.

5. Vse poskusne šarže smo vlivali skozi lijak in z vrha. Pri vlivanju skozi lijak smo po dva bloka imeli pokrita ves čas vlivanja, po dva samo med kuhanjem. Pri skozi lijak vlitih blokkih smo tudi posnemali žlindro. Iz slike 5 se vidi, da vsi ti ukrepi nimajo značilnega vpliva na mikročistočo jekla. Razlika se je pokazala le pri odgoru ogljika.

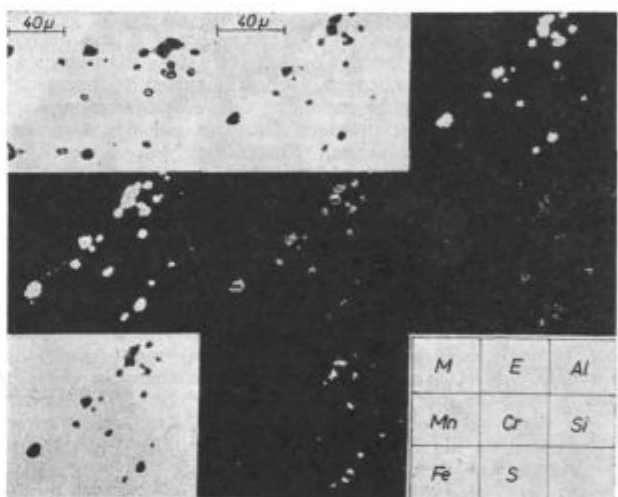


Slika 23

Temno zrno Mn oksida ter svetle kroglice Mn sulfida v silikatno-sulfidni osnovi.

Fig. 23

Dark Mn oxide grain and bright Mn sulphide spheroids in the silicate-sulphide matrix.



Slika 24

Zrna MnCrAl oksida zrasčen z drobnejšimi zrnji Mn sulfida. V posameznih oksidnih zrnih je sled Si.

Fig. 24

MnCrAl oxide grains intergrown with finer Mn sulphide grains. Single oxide grains contain traces of Si.

Če je jeklo pokrito ves čas vlivanja in kuhanja in ni v stiku z zunanjim zrakom, je odgorek manjši. Kisik, ki ga jeklo prinese s seboj, pa navadno ne zadošča za dobro kuhanje, zato taki bloki večinoma rastejo, mehurji pa so bliže površini. Delež površinskih napak je pri teh trakovih večji.

Tudi posnemanje žlindre iz glave bloka ne prispeva k boljši čistoči jekla. Pač pa s posnemanjem žlindre dosežemo, ker talino odkrijemo zraku, zelo živahno kuhanje in zanesljivo vlivanje, ker ni možna kasnejša reakcija jekla z žlindro.

6. Odgorek ogljika v povprečju znaša pri skozi lijak vlitih in odprto izkuhanih blokkih okrog 50 %, mangana pa 10 %.

7. Kvalitativna in kvantitativna analiza vključkov, predvsem z elektronsko mikro analizo, je dala zanimive in primerljive rezultate, ki se skladajo s tehnologijo izdelave in kažejo na prednosti, oziroma slabe strani določene sestave in načina izdelave jekla.

Kemijska ekstrakcija vključkov je v nepomirjenem jeklu težja kot v pomirjenem. Rezultati (analize) so manj zanesljivi in v večji meri odstopajo drug od drugega. V medsebojni primerjavi

posameznih šarž pa tudi kemijska analiza vključkov prav jasno pokaže prednosti ali slabosti nekoga tehnološkega postopka.

Literatura:

1. Y. Saito, K. Nanjo: Nischin Steel Tech. Rep. 1970 (23) 38
2. F. Reinders, P. Hammerschmied Stahl und Eisen (90) 1970, 18, 945
3. Donald E. Dorney Journal of Metals Julij 1970, 42
4. H. J. Langhammer, H. G. Geek Stahl u. Eisen (87) 1967, 719
5. Poročilo metalurškega inštituta v Ljubljani, naloga 104, oktober 1973 — Vodopivec, Lavrič

ZUSAMMENFASSUNG

Die Güte des unberuhigten Stahles ist im grossen Masse von dem Auskochen in der Kokille abhängig. Das Beherrschen des Auskochens ist deswegen eine wesentliche Bedingung zur Erzielung genügender Tiefe der Randblasen im Block und einwandfreier Bandoberfläche, sowie auch für einen genügenden Reinheitsgrad des Stahles.

In dieser Arbeit haben wir eine Reihe möglicher technologischer Einflussgrössen untersucht, welche den Reinheitsgrad des unberuhigten Stahles in Form des Warm gewalzten Bandes beeinflussen können, mit dem Ziel, die besten Bedingungen für reineren Stahl, für Tiefziehzwecke zu schaffen. Die Regressionsanalyse zwölf verschiedener technologischer Einflussgrössen zeigte, dass der Mangan-gehalt vor dem Abstich den grössten Einfluss auf den Gesamtgehalt der nichtmetallischen Einschlüsse hat. Je grösser ist der Mangan-gehalt vor dem Abstich, desto besser ist der Reinheitsgrad des Stahles. An zweiter Stelle der Bedeutung nach ist das Verhältnis zwischen Mn und C im fertigen Stahl. Der Einfluss dieses Verhältnisses ist positiv (siehe Bild 4). Das bedeutet, je grösser dieses Verhältnis ist, um so unreiner wird der Stahl, und umgekehrt. Zur Erzielung eines guten Reinheitsgrades ist es erwünscht, das Verhältnis Mn : C niedriger als 4.3 zu halten. Der Kohlenstoffgehalt im fertigen Stahl soll nicht niedriger als 0.07 % sein. Bei niedrigem Kohlenstoffgehalt besteht eine grosse Gefahr, den Stahl zu überfrischen. Ein solcher Stahl lässt sich aber gar nicht gut, oder nur schwer vergiessen, da die Schwankungen im Sauerstoff-gehalt bei niedrigem Kohlenstoff (siehe Bilder 9 und 10) sehr gross

sind, so dass das Auskochverhalten in der Kokille nur schwer zu bewältigen ist. Das gilt freilich für das steigende Giessen.

Der Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0.06 % und weniger ist wegen der Überfrischung sehr unrein. Der Sauerstoffgehalt ist im Vergleich mit dem Stahl von 0.07 bis 0.10 % Kohlenstoffgehalt unvergleichbar höher (siehe Bild 11), besonders unrein ist der Rand.

Verschiedene technologische Einflüsse beim Vergiessen des Stahles wie das Abdecken der Kokillen während des Giessens und Auskochens, das Abschlacken des Blockes und das Giessen von oben (fallend), haben keinen bezeichnenden Einfluss auf den Reinheitsgrad.

Der Kohlenstoffabbrand beträgt bei den steigend vergossenen und offen ausgekochten Blöcken durchschnittlich 50 % und der Manganabbrand 10 %.

Die quali- und quantitative Elektronenmikroanalyse der Einschlüsse hatte interessante und vergleichbare Resultate ergeben, welche gut mit der Herstellungstechnologie übereinstimmen und auf die Vor- und Nachteile einer bestimmten Zusammensetzung und Stahlherstellungstechnologie deuten.

Die chemische Isolation der Einschlüsse aus unberuhigtem Stahl ist schwieriger als aus dem beruhigten. Die Ergebnisse sind weniger zuverlässig und weichen im grösseren Masse voneinander ab. Im gegenseitigen Vergleich der Schmelzen zeigt auch die chemische Analyse der Einschlüsse Vor- und Nachteile eines technologischen Verfahrens ganz gut.

SUMMARY

Quality of rimming steel depends a great deal on the rimming action of steel in the mould. Controlled rimming is an essential condition for obtaining sufficient depth of blow-holes in the ingot and a good surface of strips, as well as satisfactory micropurity of steel. In this research numerous possible technological measures for obtaining satisfactory purity of rimming steel in a hot rolled strip were studied in order to determine the best conditions for better purity of the deep drawing steel. By gradual regression the amount of Mn in steel before tapping (into the ladle) was found to have the greatest influence on the amount of non-metallic inclusions in steel among the twelve influential technological parameters. The greater amount of Mn the smaller will be amount of non-metallic inclusions in steel. The second most important parameter is the ratio Mn:C in the manufactured steel. The higher is this ratio the less pure will be steel (Fig. 4). Therefore the ratio should be lower than 4.3 if a good purity of steel is to be obtained. Carbon content in the manufactured steel should not be lower than 0.07 %. At such low carbon contents a danger exists that the steel will be overoxidized, and such a mild steel is very difficult or nearly impossible to be cast because the variations of oxygen content at low carbon content are

great (Figs. 9 and 10) and the rimming action can hardly be controlled. These deductions are valid for the bottom pouring.

Steel with 0.06 % C or less is very impure due to overoxidation. Oxygen content in steel is much higher than in steel with 0.07 to 0.10 % C (Fig. 11), especially the rim is very impure.

Various technological measures like covering the mould during pouring and the rimming action, skimming the slag, and the top casting have very small influence on the micropurity of steel.

Average carbon loss is about 50 %, and manganese loss is 10 % in bottom poured and freely rimmed ingots.

Qualitative and quantitative analysis of inclusions mainly by electron microanalysis gave interested and comparable results which are in agreement with the technology of manufacturing, and they show the advantages and disadvantages of single chemical compositions and of methods of steel manufacturing. Chemical extraction of inclusions in the rimming steel is more difficult than in the killed one. Results are less reliable and discrepancies are greater. In mutual comparison of batches also chemical analysis of inclusions indicates the advantages and disadvantages of single technological methods.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качество кипящей стали главным образом зависит от процесса кипения расплава в изложнице. Поэтому от умения владеть процессом кипения представляет собой существенное условие для получения слитков с довольно глубокими пузырьками газов, и хорошей поверхности полос и удовлетворительной микрочистоты. В работе исследовали целый ряд возможных технологических мер что касается чистоты кипящей стали в горяче катаных полосах с целью определить самые лучшие условия для получения более чистой стали применения при глубокой вытяжки. С применением постепенной регрессии из 12-ти важных технологических факторов установили, что самое большое влияние на сумму неметаллических включений оказывает содержание Mn в стали до его выпуска (перед выпуском стали из печи в ковш). Чем содержание Mn в расплавленном металле выше, тем меньше содержание неметаллических включений в стали. По важности на втором месте отношение между Mn и C в изготовленной стали. Влияние этого отношения положительное (смотри рис. 4). Это значит, что чем отношение Mn : C больше тем чистота стали хуже и наоборот. Для получения стали хорошей чистоты желательно чтобы это отношение было меньше от 4,3. Содержание углерода в изготовленной стали не должно быть ниже 0,07 %. При низком содержании углерода существует опасность что произошло переокисление стали. В таком случае разливка мягкой стали очень затруднительна и часто почти невозможна. Причина этого в том, что при низком содержании углерода (см. рис. 9 и 10) очень

большие колебания содержания кислорода и осложнен процесс кипения стали в изложнице.

Кроме этого сталь с содержанием углерода от 0,06 % и ниже вследствие переокисления недостаточно чиста.

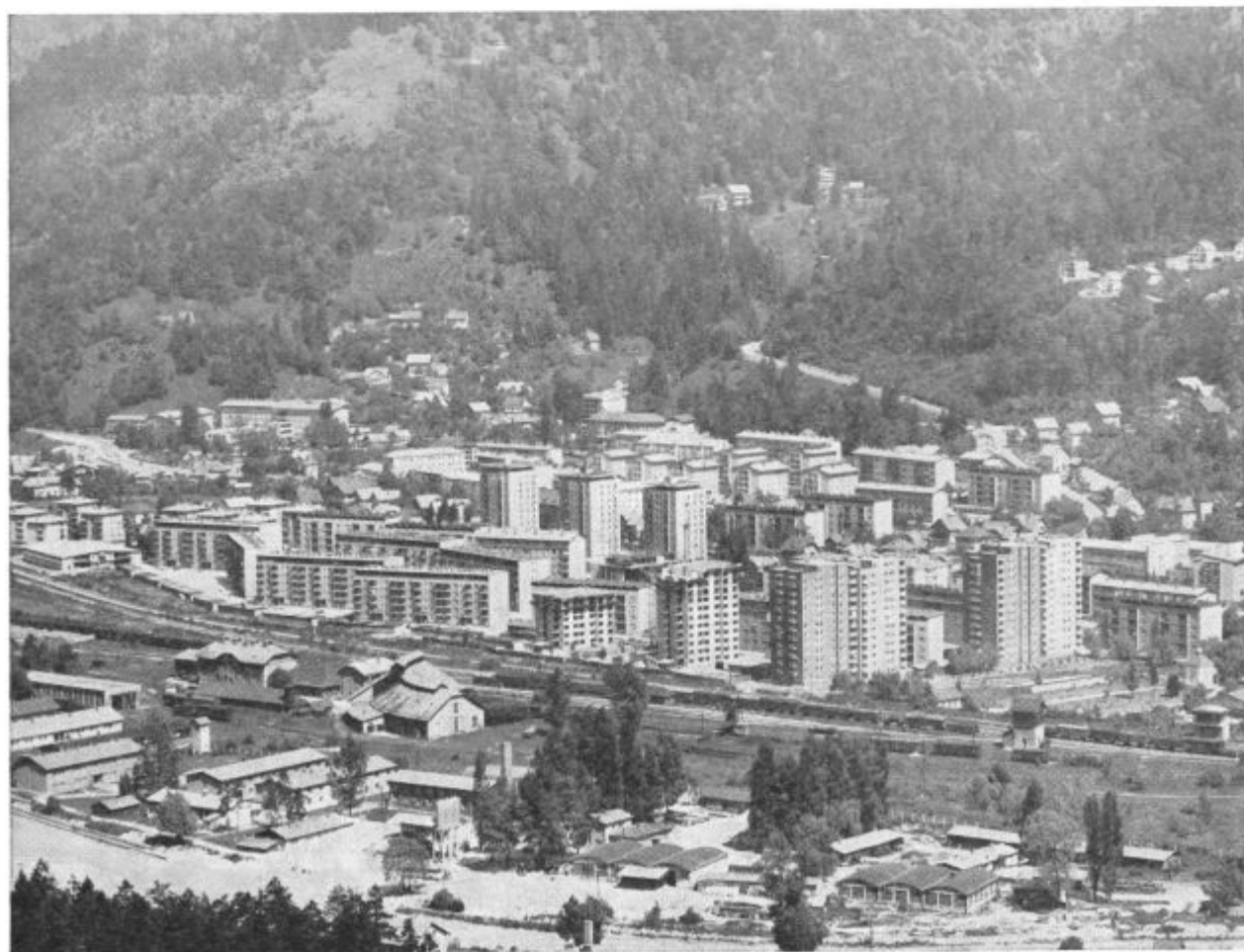
Содержание кислорода в стали при сравнении с сталью с содержанием 0,07—0,10 % C значительно больше (рис. 11); в особенности очень плохая чистота кромок.

Различные технологические меры при разливки как и пр. покрытие изложницы в время литья и кипения, вычерпывание шлака и анты сверху не имеют существенного влияния на микрочистоту стали. Угар углерода при разливке слитков снизу вверх при открыто кипящих слитков составляет прибл. 50 %, также 10 % Mn.

Качественный и количественный анализ включений главным образом при применении электронного микроанализа дал достопримечательные результаты хорошего сравнения, которые согласуются с технологией выработки стали и указывают также на преимущества и на отрицательные стороны что касается состава и производства кипящей стали.

Химическая экстракция включений из кипящей стали в сравнении с спокойной сталью более затруднительная. Результаты менее надёжны и в большинстве случаев между собой не согласуются. Также химический анализ включений при сравнении отдельных плавов указывает на преимущества или слабые стороны технологического процесса.

Novo stanovanjsko naselje na Plavžu



Božidar Brudar

Opisan je način, po katerem je mogoče izračunati temperaturno porazdelitev v preseku neskončne plošče, ki jo ogrevamo v potisni peči. Pri tem dopuščamo, da sta specifična toplota in toplotna prevodnost odvisni od temperature.

UVOD

Ogrevanje slaba ($6000 \times 1000 \times 180$ mm) v potisni peči lahko precej dobro opišemo s primerim matematičnim modelom. Predpostavljamo, da gre za ogrevanje neskončne plošče in zato študiramo prenos toplote le v eni dimenziji. Specifična toplota in toplotna prevodnost sta podani kot eksplicitni funkciji temperature. Gre za ogrevanje s konvekcijo, pri kateri se konvekcijski koeficient α da eksplicitno zapisati kot funkcija temperature v določenem delu peči in temperature površine.

Podoben primer je že bil opisan v naši literaturi¹, vendar pa ima numerično reševanje takega problema določene prednosti.

SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV

C_p	specifična toplota
k	interval v časovni smeri
R	interval v krajevni smeri
s	parameter, ki označuje mesto v peči
t	čas
ϑ	temperatura
ϑ_p	temperatura peči
ϑ_{ROB}	temperatura na robu
$T_{i,j}$	temperatura točki i, j po diferenčni formuli
x	koordinata v smeri debeline plošče
α	konvekcijski koeficient
ρ	gostota materiala
λ	toplotna prevodnost

RESEVANJE DIFERENCIALNE ENAČBE

Diferencialna enačba za prevajanje toplote v eni dimenziji, v primeru, ko sta specifična toplota in toplotna prevodnost podani kot eksplicitni funkciji temperature $C_p(\vartheta)$, oziroma $\lambda(\vartheta)$:

$$C_p(\vartheta) \cdot \rho \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \lambda(\vartheta) \cdot \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial \lambda(\vartheta)}{\partial \vartheta} \cdot \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right)^2 \quad (1)$$

Mag. Božidar Brudar je diplomirani inženir fizike in višji strokovni sodelavec v raziskovalnem oddelku Železarne Jesenice.

Robni pogoj, v primeru ko gre za konvekcijo in je konvekcijski koeficient podan kot eksplicitna funkcija temperature peči (ϑ_p), temperature na površini (ϑ_{ROB}) in lege v peči (s):

$$\lambda(\vartheta) \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right) = \alpha(\vartheta_p, \vartheta_{ROB}, s) \cdot (\vartheta_p - \vartheta_{ROB}) \quad (2)$$

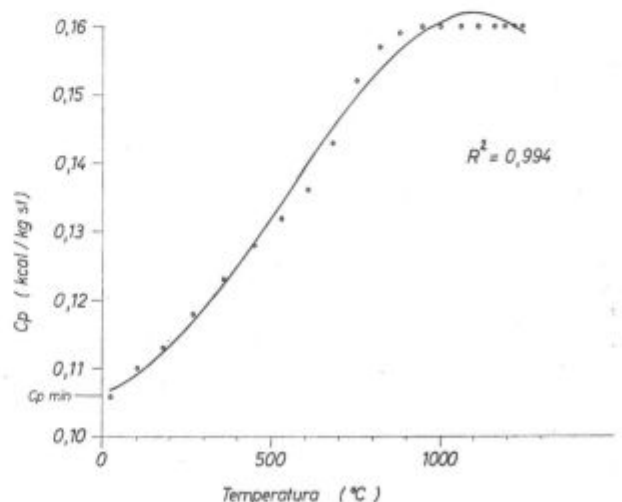
Pri tem ima parameter s toliko časa isto vrednost, kolikor časa se blok zadržuje na določenem mestu v peči.

Odvisnost specifične toplote in toplotne prevodnosti od temperature je znana iz literature in je podana v obliki tabele ali diagrama.

Če te odvisnosti niso preveč komplicirane, je mogoče tabelo nadomestiti z regresijsko enačbo (polinomna regresija). Če gre pa za bolj komplicirane odvisnosti (nezveznosti!), je pa bolje, da si pomagamo s primerno tabelo in poiščemo vmesne vrednosti z interpolacijo¹.

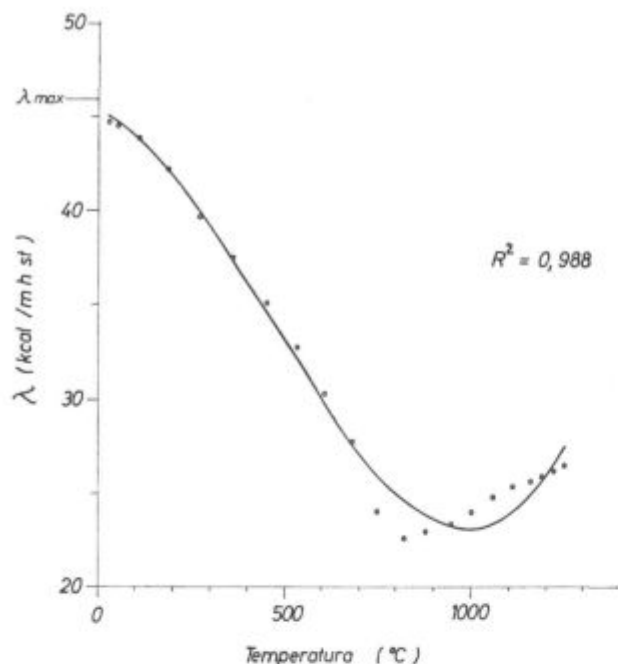
V našem primeru smo poiskali regresijske enačbe za odvisnost $C_p(\vartheta)$ in $\lambda(\vartheta)$ tako, da smo uporabili tabelirane vrednosti C_p in λ v omenjenem članku¹. Na slikah 1 in 2 sta prikazani regresijski odvisnosti (zvezna krivulja), obenem pa so narisane tudi točke, ki pripadajo vrednostim iz tabele¹.

Tudi odvisnost $\alpha(\vartheta_p, \vartheta_{ROB}, s)$ je mogoče zapisati v obliki regresijske enačbe. Spet smo si pomagali s tabeliranimi vrednostmi iz članka¹. Odvisnosti od s nismo upoštevali. Na sliki 3 pripa-



Slika 1
Regresijska odvisnost specifične toplote od temperature.

Fig. 1
Regression relationship between the specific heat and temperature.



Slika 2

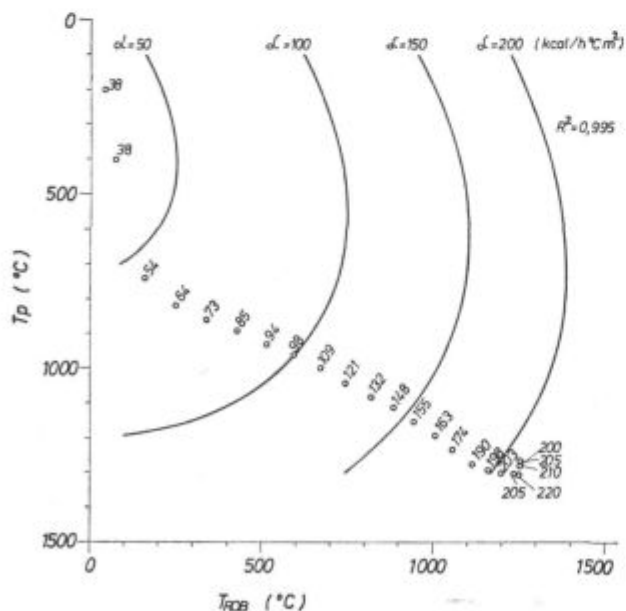
Regressijska odvisnost toplotne prevodnosti od temperature.

Fig. 2

Regression relationship between the thermal conductivity and temperature.

dajo posamezne točke vrednostim iz tabele, številka poleg točke odgovarja tabelirani vrednosti α . Zvezne krivulje pa odgovarjajo konstantni vrednosti za α .

Enačbo (1) rešimo numerično. Debelino plošče razdelimo na niz točk z izbranim krajevnim inter-



Slika 3

Konvekcijski koeficient kot funkcija temperature na površini vložka in temperature v peči.

Fig. 3

Heat transfer coefficient as a function of surface temperature of the feed and the furnace temperature.

valom R in računamo temperaturo v i — točki v časovnih razmakih širine k . Zaradi stabilnostnega pogoja (glej dodatek!) si izberemo neko najmanjšo vrednost specifične toplote in neko največjo vrednost toplotne prevodnosti in izračunamo k po formuli (8). Temperaturo v i — točki po $(j + 1)$ časovnem intervalu izračunamo takole:

$$T_{i,j+1} = [1 - 2 \frac{k}{R} A(T_{i,j})] T_{i,j} + \frac{k}{R} A(T_{i,j}) \cdot [T_{i+1,j} + T_{i-1,j}] + \frac{k}{R} B(T_{i,j}) \cdot [T_{i+1,j} - T_{i-1,j}]^2 \quad (3)$$

Pri tem pomeni:

$$A(T_{i,j}) = \frac{\lambda(T_{i,j})}{\rho \cdot C_p(T_{i,j})}$$

$$B(T_{i,j}) = \frac{1}{4 \cdot \rho \cdot C_p(T_{i,j})} \left[\frac{d \cdot \lambda(T_{i,j})}{d \cdot T} \right]_{i,j}$$

Po formuli (3) lahko tako izračunamo temperaturo v vsaki točki v notranjosti plošče ob vsakem času.

V primeru, ko gre za prenos toplote s konvekcijo, izračunamo temperaturo na robu tako, da rešimo enačbo (4), ki odgovarja enačbi (2):

$$\lambda(T_{ROB}) \cdot \frac{3 \cdot T_{ROB} - 4 \cdot T_{ROB-1} + T_{ROB-2}}{2R} = \alpha(T_{ROB}, \dot{V}_p) \cdot (\dot{V}_p - T_{ROB}) \quad (4)$$

To enačbo rešimo z iteracijo.

Če gre pa za enostransko ogrevanje, pa predpostavimo, da je na robu toplotni tok enak nič in izračunamo temperaturo na robu po formuli:

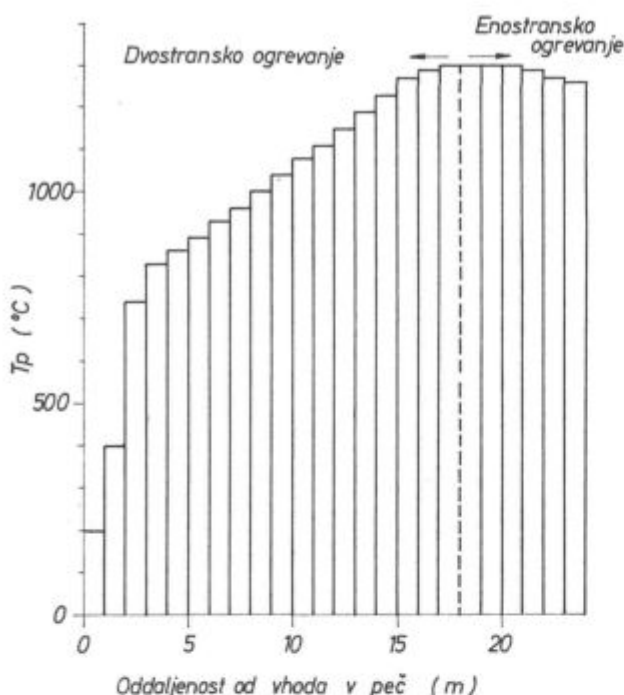
$$T_{ROB} = \frac{1}{3} \cdot (4 \cdot T_{ROB-1} - T_{ROB-2}) \quad (5)$$

PRIMER

Po opisanem postopku smo simulirali ogrevanje v potisni peči, ki je dolga 24 metrov; prvih 18 metrov poti ima dvostransko ogrevanje, zadnjih 6 metrov pa enostransko. Vložek se pomika skozi peč v skokih po 1 meter, na vsaki coni se zadržuje 10 minut, tako da pride v 4 urah vložek iz peči (slika 4).

Tako smo po tem načinu simulirali prav takšno ogrevanje, kot je opisano v članku¹. Na sliki 5 so podane temperature v preseku po vsaki uri ogrevanja, oziroma takrat, ko je vložek na 1/4, 1/2, 3/4 in na koncu peči. Točke, ki so narisane poleg krivulj, odgovarjajo vrednostim, ki so bile izračunane v omenjenem članku. Očitno je, da se naš vložek počasneje ogreva.

To pa je tudi povsem razumljivo. V članku¹ temelji izračun na predpostavki, da je temperatura po preseku povsod enaka, ko vstopi vložek v novo cono peči. Temperatura v preseku ob začetku ogrevanja v novi coni je povprečje temperatur, ki so bile izračunane ob koncu ogrevanja v prejšnji coni. To pa pomeni, da to nasilno izenačevanje temperaturnih razlik po preseku pri prehodu iz ene v drugo cono nekako povečuje toplotno prevodnost, kar je zelo narobe, saj dejanska zmogljivost take peči ni 50 t/h. Če izena-

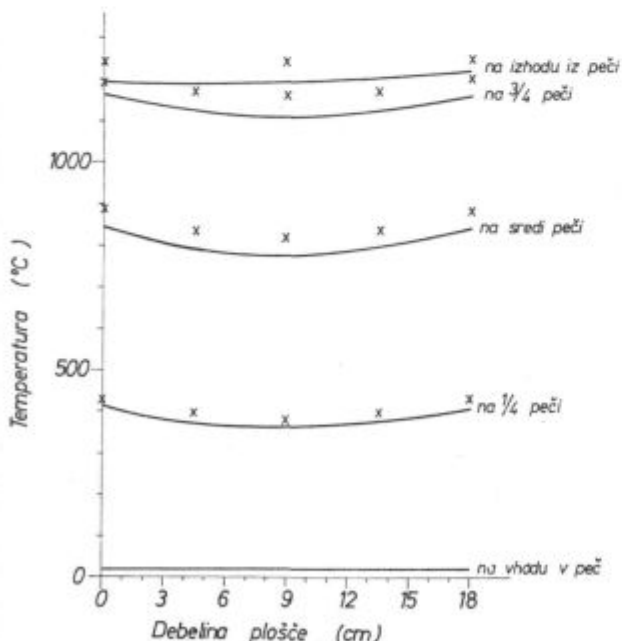


Slika 4
Temperaturni profil potisne peči.

Fig. 4

Temperature profile of the end-pusher furnace.

čimo temperature po preseku, na ta način »ogrejemo« sredino, kar je najbolj problematično, obenem pa »ohladimo« površino in tako povečamo sprejemljivost za toplotni tok. Še bolj bi se to



Slika 5

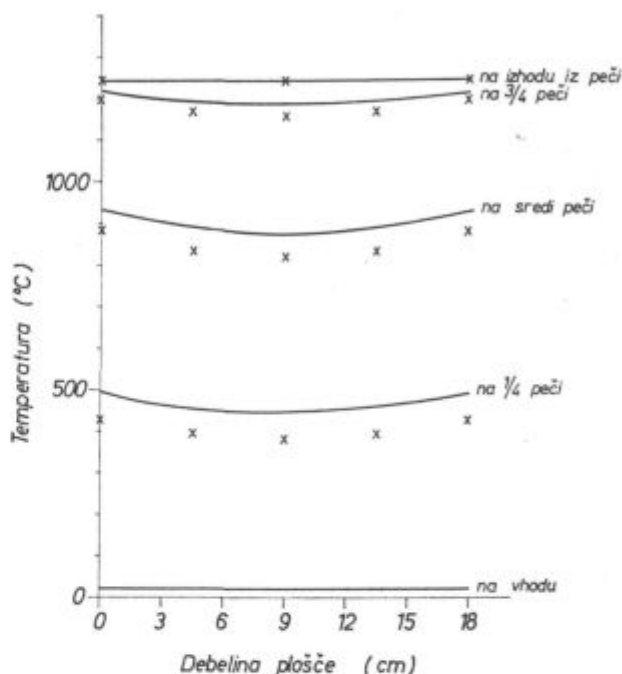
Temperaturna porazdelitev v preseku plošče, če traja celotno ogrevanje 4 ure.

Fig. 5

Temperature distribution on the plate cross section when over-all heating lasted 4 hours.

pokazalo, če bi zadrževali bloke večjih debelin dalj časa v posameznih conah.

Očitno je, da so naše izračunane temperature prenizke in da so temperaturne razlike prevelike, da bi bili s takim ogrevanjem zadovoljni. Zato smo računsko podaljšali čas ogrevanja za 1/3, t. j. na 5,33 ure. Na sliki 6 so prikazane naše izračunane vrednosti temperatur, ko je vložek na 1/4, 1/2, 3/4 in na koncu peči.



Slika 6

Temperaturna porazdelitev v preseku plošče, če traja celotno ogrevanje 5,33 ure.

Fig. 6

Temperature distribution on the plate cross section when the over-all heating lasted 5.33 hours.

Končna temperaturna porazdelitev v preseku se torej nekako ujema z rezultati v članku¹. Zmogljivost peči pa je po tem izračunu 37,5 t/h, kar je za 25 % manjša kot v članku¹.

Izdelali smo računalniški program, po katerem lahko simuliramo najrazličnejše odvisnosti $\lambda(\beta)$ in $C_p(\beta)$, variiramo temp. profil in hitrost pomika skozi peč.

ZAKLJUČEK

Opisan je numerični model ogrevanja v potisni peči. Pri tem je na 3/4 peči dvostransko ogrevanje, na zadnji četrtini pa enostransko. Specifična toplota in toplotna prevodnost sta odvisni od temperature: ta odvisnost je podana za regresijsko enačbo, ki razmeroma dobro opisuje to odvisnost ($R^2 \sim 1$). Za večjo natančnost bi bilo seveda treba delati z interpolacijo. Odvisnost od lege v peči (s) bi lahko prav tako vključili v regresijsko odvisnost za α .

Bistvena prednost tega načina je v tem, da ne potrebujemo nobenih povprečnih temperatur pri računanju temperaturne porazdelitve pri prehodu iz ene cone v drugo, kar bi nas lahko privedlo do napačnih zaključkov glede zmogljivosti peči.

DODATEK

Pri numeričnem reševanju enačbe (1) je navadno problem konvergenca. Potrebni pogoji niso znani, zato se moramo zadovoljiti z zadostnimi². Postopek je konvergenten, če je $\lim_{k \rightarrow 0} e_{ij} = 0$ za vsak par vrednosti (i,j).

pri čemer pomeni

$\hat{U}_{i,j}$ točno rešitev parcialne diferencialne enačbe

$T_{i,j}$ pa točno rešitev diferencialne enačbe

$$e_{i,j} = \hat{U}_{i,j} - T_{i,j}$$

V enačbi (3) lahko vsak $T_{i,j}$ zapišemo v obliki

$$T_{i,j} = \hat{U}_{i,j} - e_{i,j}$$

$$T_{i,j+1} = \hat{U}_{i,j+1} - e_{i,j+1} \quad \text{itd.}$$

Po Taylorjevi formuli lahko zapišemo ³⁾:

$$\hat{U}_{i+1,j} = \hat{U}(X_i + R, t_j) = \hat{U}_{i,j} + R \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} + \frac{R^2}{2!} \cdot \frac{\partial^2 \hat{U}(X_i + \theta_1 R, t_j)}{\partial X^2} + \dots$$

$$\hat{U}_{i-1,j} = \hat{U}(X_i - R, t_j) = \hat{U}_{i,j} - R \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} + \frac{R^2}{2!} \cdot \frac{\partial^2 \hat{U}(X_i - \theta_2 R, t_j)}{\partial X^2} + \dots$$

$$\hat{U}_{i,j+1} = \hat{U}(X_i, t_j + k) = \hat{U}_{i,j} + k \cdot \frac{\partial \hat{U}(X_i, t_j + \theta_3 k)}{\partial t} + \dots$$

kjer je:

$$0 < \theta_1 < 1, \quad 0 < \theta_2 < 1, \quad 0 < \theta_3 < 1$$

Če to vstavimo v enačbo (3) lahko zapišemo:

$$e_{i,j+1} = e_{i,j} \cdot \left[1 - 2A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} \right] + e_{i-1,j} \cdot \left[A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} - 4B(T_{i,j}) \frac{k}{R} - \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} \right] + e_{i+1,j} \cdot \left[A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} + 4B(T_{i,j}) \frac{k}{R} - \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} \right] + k \left\{ \frac{\partial \hat{U}(X_i, t_j + \theta_3 k)}{\partial t} - A(T_{i,j}) \frac{\partial^2 \hat{U}(X_i + \theta_4 R, t_j)}{\partial X^2} - 4B(T_{i,j}) \left[\frac{\partial \hat{U}(X_i + \theta_5 R, t_j)}{\partial X} \right] \right\} - B(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} \cdot (e_{i+1,j} - e_{i-1,j})^2 \quad (6)$$

kjer je

$$0 < \theta_4 < 1 \quad \text{in} \quad 0 < \theta_5 < 1$$

Naj bo E_j maksimum napake vzdolž časovne vrste in M maksimalna vrednost izraza v zavitem oklepaju od $j=1$ do j .

Če je $A(T_{i,j}) \cdot \frac{k}{R^2} \leq \frac{1}{2} = r$, so vsi koeficienti v enačbi 6 pozitivni ali enaki nič.

Potem lahko zapišemo:

$$|e_{i,j+1}| \leq \left[1 - 2A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} \right] \cdot |e_{i,j}| + \left[A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} - 4B(T_{i,j}) \frac{k}{R} - \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} \right] \cdot |e_{i-1,j}| + \left[A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} + 4B(T_{i,j}) \frac{k}{R} - \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} \right] \cdot |e_{i+1,j}| + k \cdot M \cdot B(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} \cdot |e_{i+1,j} - e_{i-1,j}|$$

$$|e_{i,j+1}| \leq \left[1 - 2A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} \right] \cdot E_j + 2A(T_{i,j}) \frac{k}{R^2} E_j + k \cdot M$$

$$|e_{i,j+1}| \leq E_j + k \cdot M$$

Ker je to izpolnjeno za vse vrednosti (i,j), tudi za največji E_j velja:

$$E_{j+1} \leq E_j + k \cdot M \leq (E_{j-1} + k \cdot M) + k \cdot M = E_{j-1} + 2 \cdot k \cdot M \quad \text{itd.}$$

iz česar sledi, da je:

$$E_j \leq E_0 + j \cdot k \cdot M = j \cdot M$$

ker sta začetni vrednosti T in \hat{U} enaki, t.j. $E_0 = 0$

Ko gre $R \rightarrow 0$, gre $k = \frac{R^2 \cdot r}{A(T_{i,j})}$ tudi proti 0 in teži M proti

$$\text{vrednosti} \left[\frac{\partial \hat{U}}{\partial t} - A \frac{\partial^2 \hat{U}}{\partial X^2} - 4B \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} \right] \quad (7)$$

Če upoštevamo enačbo (1) je izraz (7) enak 0 in s tem tudi $E_j = 0$

Ker pa je $|\hat{U}_{i,j} - T_{i,j}| \leq E_j$, to dokazuje, da $T_{i,j}$ konverga proti $\hat{U}_{i,j}$, ko gre $R \rightarrow 0$, če je le $r \leq \frac{1}{2}$

Vrednost r mora torej biti $\leq 1/2$. Naša vrednost A se pa spreminja. Da bo gornji pogoj izpolnjen, mora veljati

$$\left(\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p} \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial X} \right)_{i,j} \right)_{\text{maksimum}} \leq \frac{1}{2}$$

aziroma

$$k \leq \frac{R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot \min}{2 \cdot \lambda_{\max}} \quad (8)$$

kjer pomeni C_p min neko minimalno vrednost specifične toplote, λ_{\max} pa neko največjo vrednost toplotne prevodnosti. Da ne bi bil časovni korak pri $R = 1$ cm premajhen, smo izbrali $r = \frac{1}{2} C_{p \min} = 0,106$ kcal/kg st in $\lambda_{\max} = 46,0$ kcal/m h st. Pri takih podatkih je konvergenca zagotovljena in $k = 3,24$ sekunde.

Literatura:

1. T. Kolenko, F. Pavlin: Ogrevanje vložka v potisni peči, Rudarsko metalurški zbornik, št. 3, leto 1973, stran 235—247
2. H. Köhne: Digitale und analoge Lösungsmethoden der Wärmeleitungsgleichung, Forschungsberichte des Landes Nordrhein — Westfalen Nr. 2120, Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen
3. G. D. Smith: Numerical Solution of Partial Differential Equations, Oxford University Press, 1971.

ZUSAMMENFASSUNG

Ein mathematischer Modell des Erwärmungsvorganges einer unendlichen Platte im Stossofen ist beschrieben, mit der Voraussetzung, dass in den ersten drei Vierteln der Ofenlänge das Erwärmen beidseitig, und im letzten Viertel nur einseitig verläuft. Die Temperaturabhängigkeiten der spezifischen Wärme und der Wärmeleitfähigkeit sind mit Regressionsgleichungen gegeben. Auch der Konvektionskoeffizient ist als eine explizite Funktion der Temperatur im Ofen und auf der Einsatzoberfläche gegeben.

Wir nehmen an, dass es sich um einen eindimensio-

nallen Beispiel handelt. Die Wärmeleitungsgleichung haben wir numerisch am Computer IBM 360/30 gelöst. Es ist auch ein praktischer Beispiel der Erwärmung einer 18 cm dicken Platte im Stossofen gegeben, bei welchem der Temperaturprofil des Ofens mit einer Tabelle gegeben ist.

Es sind auch einige Vorteile der numerischen Problemlösung vor der analytischen angewendet. Zusätzlich ist noch beschrieben wie der richtige Schritt in der örtlichen und zeitlichen Richtung gewählt werden muss, dass der Bedingung für eine Konvergenz gewährt wird.

SUMMARY

Mathematical model of heating an infinite plate in the end-pusher furnace is described. An assumption is made that heating is both-sides in the first three quarters of the furnace and only one-sides in the last quarter. Relationships between specific heat and thermal conductivity, and the temperature are given by regression equations. Also heat transfer coefficient is explicitly expressed as a function of temperature in the furnace and of the feed surface.

The process was simplified to a one-dimensional model. Equation for thermal conductivity was solved by IBM 360/30 computer. A real example of heating an 18 cm thick plate in the end-pusher furnace is presented, and the temperature profile is shown in the table. Some advantages of numeric solution of the problem in comparison with the analytical solution are mentioned. Further also the choice of right space and time intervals is described that the convergence condition is fulfilled.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описан математический модель бесконечной пластины методической печи. При этом взято предположение, что на первых трёхчетвертях длины печи нагрев двухсторонний а на последней четверти длины односторонний. Зависимость удельной теплоты и тепловой проводимости от температуры поданы с уравнениями регрессии. Также конвекционный коэффициент подан как определённая функция температуры печи и температуры поверхности шихты.

Предполагаем, что случай относится на одномерный нагрев. Уравнение для проводимости теплоты разрешена численно при помощи счётчика ИБМ 360/30. Подан конкретный пример нагрева пластины толщиной 18 см в методической печи а температурный профил с таблицей. Упомянуты некоторые преимущества числового решения проблема в сравнении с аналитическим методом. В дополнении описано каким образом надо определить и принять правальный выбор что касается направления и времени чтобы удовлетворить условию конвергенции.

Železarna Jesenice



O vplivu mikrostrukture na vlečno sposobnost maloogljčnega jekla

DK: 669.14.018.29
ASM/SLA: W29h, F28

Franc Vodopivec,
Metalurški inštitut, Ljubljana
A. Mežnar, A. Kelvišar, Železarna Jesenice

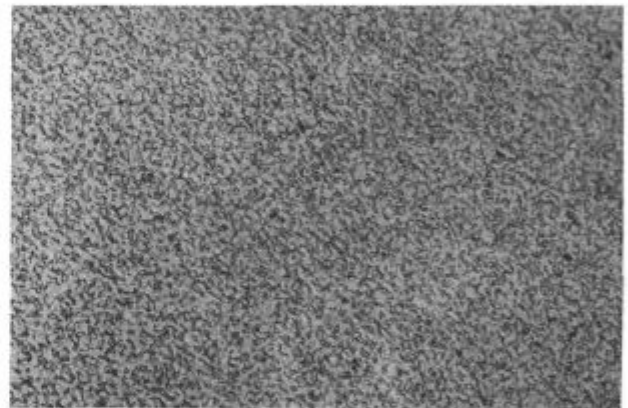
Prilavljena je bila žica iz iste šarže maloogljčnega jekla z debelino 6,25 mm z mikrostrukuro ferit-martenzit, ferit-lamelarni perlit in ferit-zrnati perlit ter vlečena na enostopenjskem vlečnem stroju s poprečno redukcijo 16 %. Žica z mikrostrukuro ferit-martenzit ima slabo preoblikovalnost, ker martenzitna zrna težko sodelujejo v procesu deformacije pri prehodu skozi votlico. Zato nastajajo med martenzitom in feritom mikrorazpoke. Ko gostota teh razpok doseže določeno vrednost, se žica pretrga, ne da bi na njej bili opazni mikroskopski znaki prevlečenosti.

Vlečenje ostalih dveh vzorcev je bilo prekinjeno pri debelini 0,65 mm pri skupni deformaciji 98,9 %. Preiskave hladno deformirane žice te debeline so pokazale, da ima večjo preoblikovalno sposobnost mikrostrukura iz ferita in lamelarne perlita, kot mikrostrukura iz ferita in zrnatega perlita. Ta razlika bi bila lahko posledica podobnega učinka drobnih neplastičnih cementitnih zrn na preoblikovalno sposobnost jekla, kot ga imajo pri večji debelini žice neplastična martenzitna zrna.

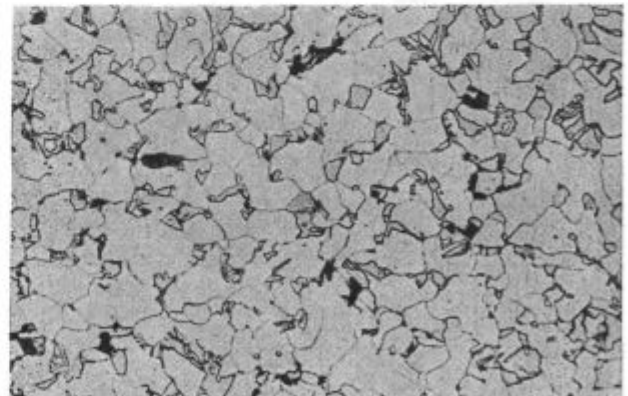
Pri raziskavah predelavnosti jekla z vlečenjem, ki so bile izvršene pred nekaj časa, smo se našli pred vprašanjem, katera mikrostrukura daje maloogljčnemu jeklu največjo sposobnost za predelavo z vlečenjem skozi votlice ali, če zastavimo problem s tehnološkega stališča, kakšna naj bo izhodna mikrostrukura žice pred vlečenjem, da bo mogoča čimvečja redukcija brez vmesnega rekristalizacijskega žarjenja. Neposrednega odgovora na to vprašanje nismo mogli najti v literaturi, pa tudi ni bilo mogoče dati utemeljenega odgovora na osnovi tehnoloških izkušenj. Gotovo pa je, da pomenu tega vprašanja s tehnološkega vidika ni mogoče oporekati.

S primerno toplotno obdelavo smo pripravili jeklo iste šarže z izhodno mikrostrukuro iz ferita, martenzita in malo lamelarne perlita (sl. 1 in 2), iz ferita in lamelarne perlita (sl. 3 in 4) ter iz ferita in globularnega perlita (sl. 5 in 6). V nadaljevanju teksta označujemo vzorce v naštetem vrstnem redu kot vzorce A, B in C. Izhodna debelina žice je bila 6,25 mm. Kolobarji so bili normalno luženi v železarni Jesenice ter po luženju poapnjeni. Vlečenje so opravili na enostopenjskem vlečnem stroju s povprečno redukcijo 16 %, ki ustreza redukciji na sodobnih večstopenjskih vlečnih strojih. V tabeli 1 so podatki o mehanskih lastnostih izhodne žice. Vidimo, da ima žica C manjšo trdnost in večjo plastičnost kot žica B, oba vzorca pa znatno manjšo trdnost in večjo plastičnost kot vzorec A.

V tabeli 2 so podatki o trdnosti žic pri nekaterih vmesnih debelinah ter ustrezni indeksi utrditve, ki smo ga definirali kot razmerje med trdnostjo žice pri določeni debelini in začetno trdnostjo. Na sliki 7 vidimo, kako rastejo indeksi utrditve s stopnjo skupne deformacije nad 80 %



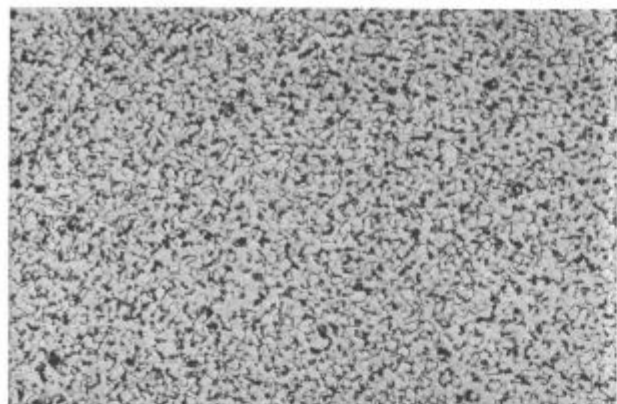
Sl. 1



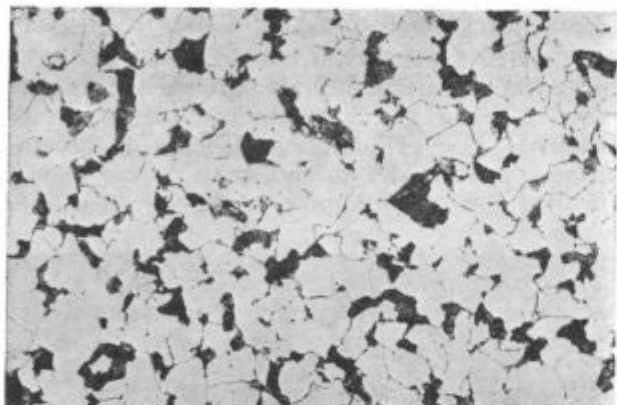
Sl. 2

Slika 1 in 2, pov. 100 in 500.
Mikrostrukura iz ferita in martenzita.

Fig. 1 and 2
Magnifications 100 × and 500 ×. Microstructure of ferrite
martensite.



Sl. 3



Sl. 4

Slika 3 in 4, pov. 100 in 500.
Mikrostruktura iz ferita in lamelnarnega perlita.

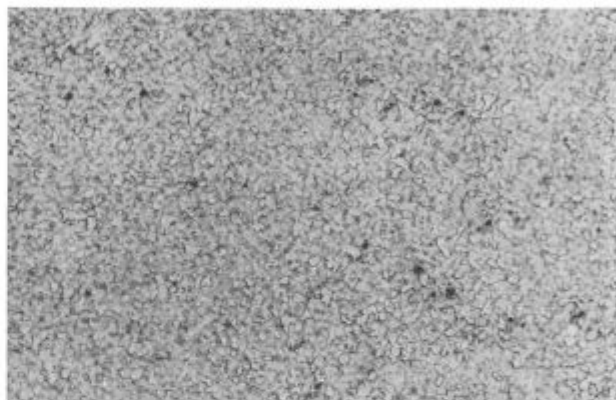
Fig. 3 and 4
Magnifications 100 × and 500 ×. Microstructure of ferrite and lamellar pearlite.

do prekinitve vlečenja pri vzorcih B in C, oz. do debeline, ko je postalo vlečenje vzorca A praktično nemogoče zaradi neprestanega trganja.

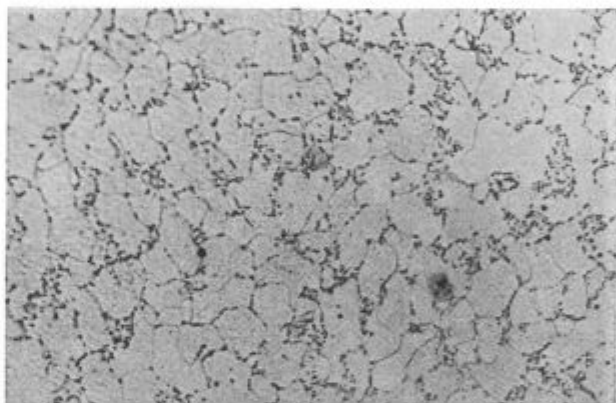
Rezultati v tabeli 2 in na sliki 7 kažejo, da je indeks utrditve sistematično večji pri vzorcu B kot pri vzorcu C. Tega pa ni mogoče razumeti tako, da ima vzorec C večjo preoblikovalnost z vlečenjem, saj je bilo na primer potrebno že pri debelini 1,92 prekiniti z vlečenjem vzorca A, če-

prav je pri njem indeks utrditve relativno najmanjši. Zanimivo je, da raste indeks utrditve pri vseh treh vzorcih paralelno s stopnjo skupne deformacije. Utrditev zaradi hladne deformacije je torej odvisna predvsem od materiala ne pa od njegove mikrostrukture. Potrebno pa je vedno upoštevati, da so bile začetne trdnosti vzorcev različne, zato so tudi različne realne trdnosti po enakih stopnjah skupne deformacije.

Vlečenje vzorcev B in C smo prekinili pri debelini 0,65mm; ne zato, ker ju ni bilo mogoče



Sl. 5



Sl. 6

Slika 5 in 6, pov. 100 in 500.
Mikrostruktura iz ferita in zrnatega perlita.

Fig. 5 and 6
Magnifications 100 × and 500 ×. Microstructure of ferrite and spheroidal pearlite.

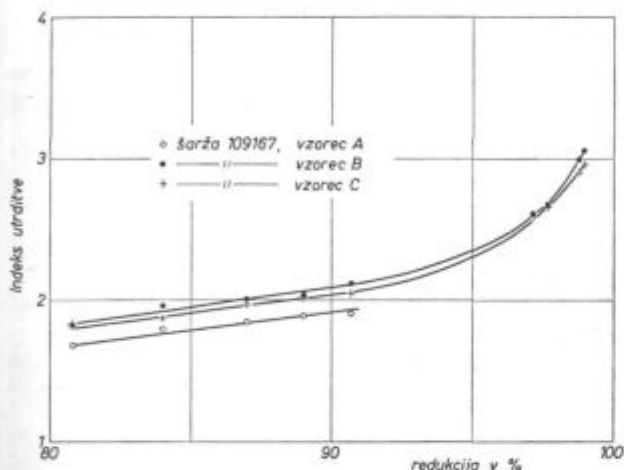
Tabela 1 — Mehanske lastnosti žice pred vlečenjem

Vzorec	Debelina mm	Trdnost kp/mm ²	Raztezek %	Kontrakcija %	Mikrostruktura
A	6,25	69,4	17,3	54,0	Ferit, martenzit in malo lamelnarnega perlita
		66,3	15,3	56,5	
B	6,25	56,1	21,7	75,0	Ferit in lamelnarni perlit
		58,7	20,0	73,0	
C	6,25	53,6	26,7	77,0	Ferit in zrnati perlit
		53,2	23,0	75,0	

Tabela 2 — Trdnost in indeks utrditve pri različnih debelinah

Debelina mm	2,74	2,50	2,25	2,06	1,92	150	0,95	0,69	0,65
Redukcija %	80,8	84,0	87,1	89,2	90,7	97,2	97,7	98,8	98,9
Vzorec A Trdnost kp/mm ²	114,0	122,0	125,6	128,7	129,4	—	—	—	—
Indeks I	1,68	1,79	1,85	1,89	1,91	—	—	—	—
Vzorec B Trdnost kp/mm ²	105,0	112,4	115,6	116,8	122,4	150,2	155,0	172,5	176,5
Indeks I	1,83	1,96	2,01	2,03	2,12	2,61	2,69	3,0	3,07
Vzorec C Trdnost kp/mm ²	97,4	99,9	105,5	107,6	109,5	138,5	142,5	155,0	158,5
Indeks I	1,83	1,87	1,97	2,02	2,05	2,60	2,67	2,91	2,97

I — indeks utrditve, razmerje med trdnostjo pri določeni debelini in trdnostjo pred vlečenjem



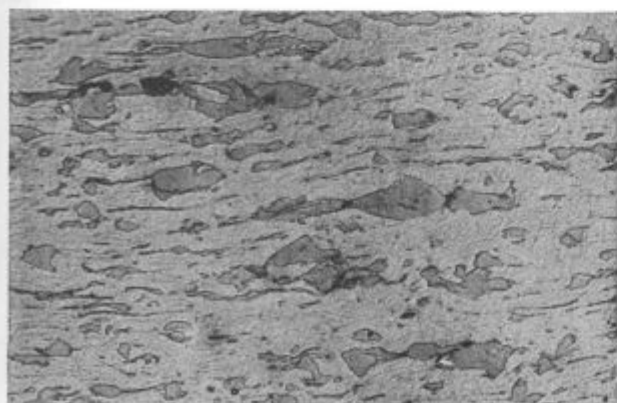
Slika 7

Odpisnost med stopnjo skupne deformacije in indeksom utrditve za žice z različno mikrostrukturo.

Fig. 7

Relationship between the degree of total deformation and the index of hardening for wires of various microstructures.

vleči še naprej brez rekristalizacijskega žarjenja, ampak predvsem zato, ker smo menili ali domnevali, da bi se morale pri doseženi stopnji skupne



Slika 8, pov. 500.

Videz martenzitnih zrn pri redukciji 89,1 %. Mikrorazpoka v martenzitnih zrnih ter med temi zrnji in feritomu.

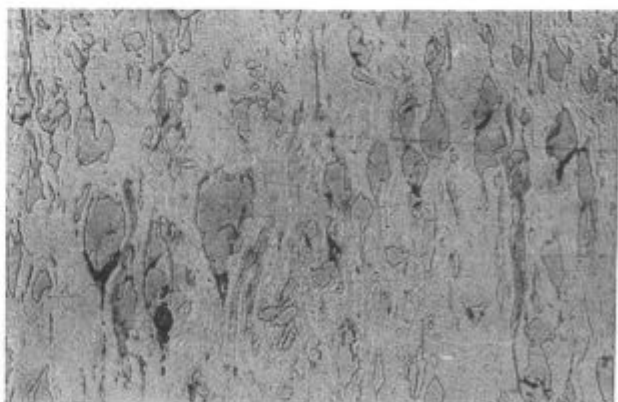
Fig. 8

Magnification 500 ×. Appearance of martensite grains after 89.1% reduction. Microcrack in martensite grains and between those grains in the ferrite.

deformacije 98,9 % že pokazati med njima razlike, ki bi bile lahko tehnološko pomembne. Pač pa smo na obeh vzorcih izvršili še preizkus prepogiba. Vzorec B je pri tem zdržal 29 prepogibov, vzorec C pa le 11 prepogibov. To pove, da bi bilo mogoče oba vzorca vleči še naprej in da je po deformaciji 98,9 % vzorec B (mikrostrukture iz



Sl. 9



Sl. 10

Slika 9 in 10, pov. 500.

Približno isto mesto na belem in jedkanem obrusku. Puščičaste razpoke med martenzitnimi zrnji in feritomu. Redukcija 89,1 %.

Fig. 9 and 10

Magnification 500 ×. Approximately the same area on the unetched and etched specimen. Arrowlike cracks between martensite grains and ferrite. Reduction 89.1 %.

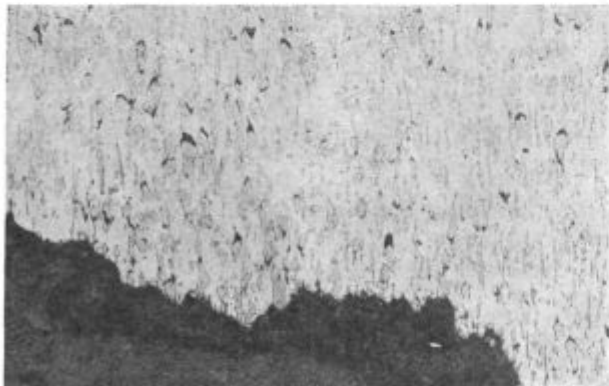
ferita in lamelnega perlita) bolj plastičen od vzorca C (mikrostruktura iz ferita in globularnega perlita). Zaradi popolnosti omenjamo, da ima po rekristalizacijskem žarjenju navadno jeklo mikrostrukturo tipa C.

Poglejmo, kako se deformirajo posamezne komponente mikrostrukture in kako vplivajo na trganje žice pri vlečenju!

Zaradi hladne deformacije se martenzitna zrna nekoliko uredijo v nize, paralelne s smerjo vlečenja. Robovi zrn se malo zaobljijo. Pri nadaljevanju vlečenja se večja zrna lahko prelomijo (sl. 8), med njimi in feritom pa se odprejo puščiaste razpoke. Te nastanejo na sprednji strani martenzitnih zrn, ko gledamo v smeri toka materiala skozi votlico (sl. 9 in 10). To pomeni, da martenzitno zrno težko sodeluje v kompleksni deformaciji, ki je potrebna, da bi se zmanjšala debelina žice na poti skozi votlico, ter da je trdnost vezi med martenzitnim zrnom in feritom manjša od sile, ki je potrebna, da bi se mikrostruktura uredila tako, kot zahteva proces deformacije. Ko gostota mikrorazpok med feritom in martenzitom dovolj zraste, se žica utrga. Mikrostruktura ob pretrganem mestu je torej drugačna, kot v prevlečeni žici, pa tudi na površini žice ni na pretrganem mestu makroskopskih znakov prevlečenja.

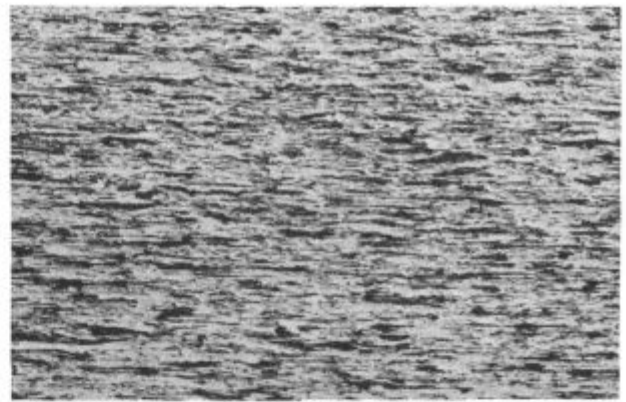
V jeklu s strukturo iz ferita in lamelnega perlita (vzorec B) so se perlitna zrna preoblikovala najprej v kratke pasove (sl. 12 in 13), pri povečani stopnji deformacije pa so se razvila v nitaste tvorbe (sl. 14 in 15), tako da je mikrostruktura dobila videz mikrostrukture nitastega kompozita.

Do podobne preureditve mikrostrukture je prišlo v žici z izhodno mikrostrukturo C iz ferita in globularnega perlita (sl. 16 do 19). Zanimivo je bilo ponašanje nekovinskih vključkov med vlečenjem. Ob večjih vključkih, ki so bili pretrdi, da bi se med vlečenjem zdrobili, so se razvile razpo-

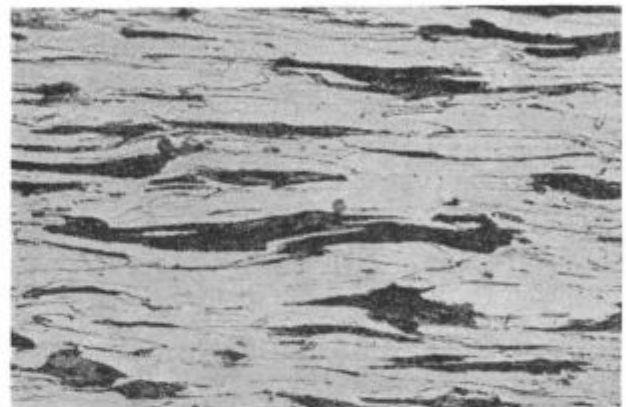


Slika 11, pov. 200.
Mikrorazpoke med martenzitnimi zrn in feritom v bližini mesta, kjer se je žica pri vlečenju pretrgala. Redukcija 90,7 %.

Fig. 11
Magnification 200 ×. Microcracks between martensite grains and ferrite close to the breakage area of the drawn wire. Reduction 90.7 %.



Sl. 12

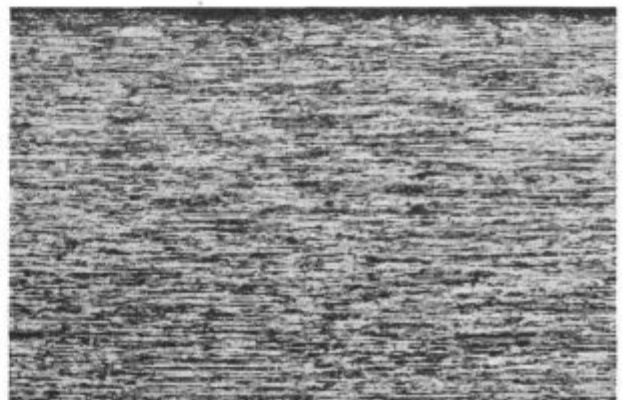


Sl. 13

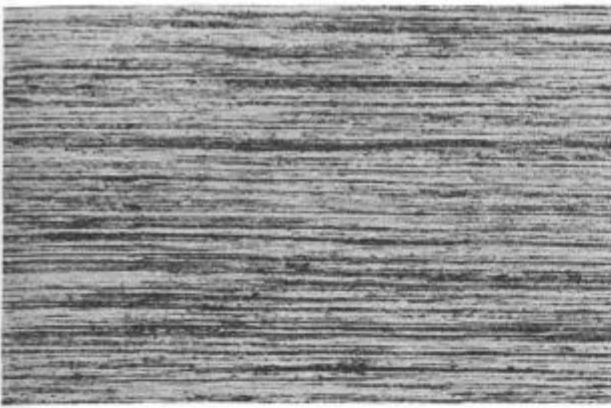
Slika 12 in 13, pov. 100 in 500.
Mikrostruktura žice B pri redukciji 89,1 %.

Fig. 12 and 13
Magnifications 100 × and 500 ×. Microstructure of wire B at 89.1 % reduction.

ke, ki so se pri vlečenju razpotegnile v osi žice (sl. 20 in 21). Krhki vključki z manjšo trdnostjo so se pri vlečenju zdrobili v vzdolžne nize, ne da bi pri tem nastale vidne razpoke. To pove, da so nekovinski vključki za preoblikovalnost škodljivi le, če jih je anormalno veliko in so toliko trdi, da se pri vlečenju ne zdrobijo ali deformirajo.



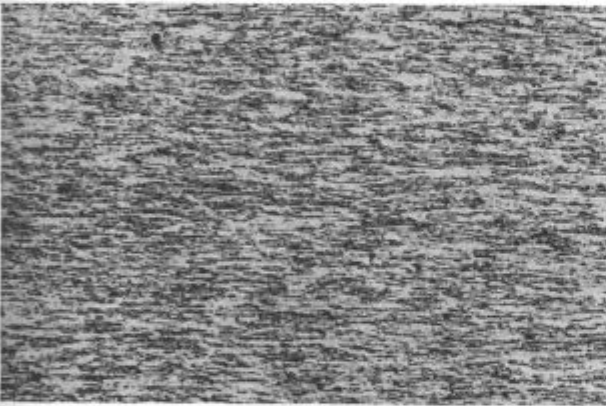
Sl. 14



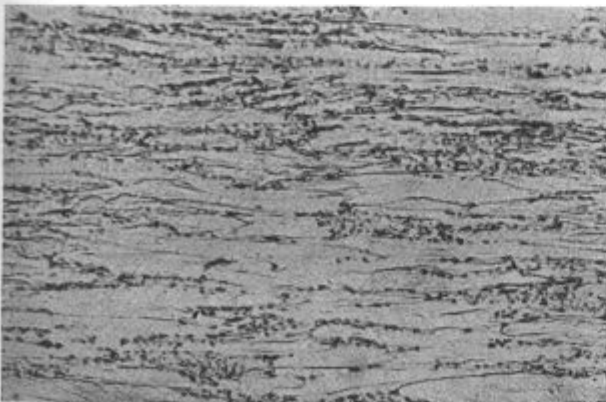
Sl. 15

Slika 14 in 15, pov. 100 in 500.
Mikrostruktura žice B pri redukciji 98,9 %.

Fig. 14 and 15
Magnifications 100 × and 500 ×. Microstructure of wire B
at 98.9 % reduction.



Sl. 16



Sl. 17

Slika 16 in 17, pov. 100 in 500.
Mikrostruktura žice C pri redukciji 89,1 %.

Fig. 16 and 17
Magnifications 100 × and 500 ×. Microstructure of wire C
at 89.1 % reduction.

Zanimivo je bilo ponašanje pri prepogibu žic tipov B in C pri debelini 0,65 mm, to je po koncu vlečenja. Žica tipa B se je dala upogniti do dotika krakov okoli trna s premerom debeline žice, žica tipa C pa ne. V mikroskopu smo videli, da žica tipa C ne prenese deformacije, zato ker se na natezni strani odpre razpoka, ki žico trenutno razdeli (sl. 22). V žici B se zaradi deformacije na tlačni strani razpotegnjena zrna preuredijo v manj nitasto obliko. To se ne dogodi v ravnini, v kateri leži os deformacije, marveč simetralno na obeh straneh te ravnine (sl. 23 in 24), na natezni strani pa se deformirana zrna še bolj podaljšajo.

Mislimo, da smemo na osnovi opisanih rezultatov trditi, da ima v absolutnem smislu in pri preiskanem jeklu mikrostruktura iz ferita in lamelnarnega perlita večjo plastičnost z vlečenjem skozi votlice kot mikrostruktura iz ferita in globularnega perlita. Dela nismo nadaljevali, čeprav nas je zanimalo tolmačenje razlike v plastičnosti med mikrostrukturo niti B in C. Po analogiji z mikrostrukturo ferit-martenzit sklepamo, da imajo lahko tudi zrna cementita v globularnem



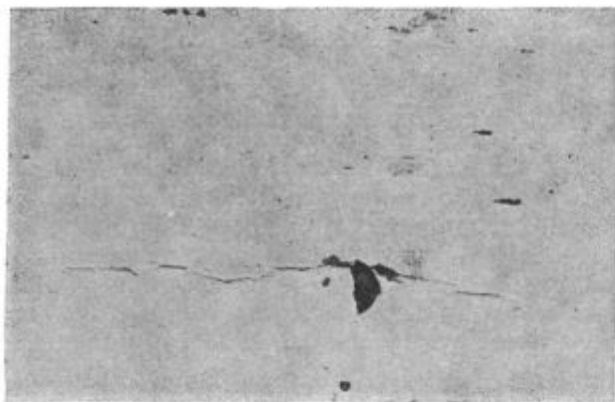
Sl. 18



Sl. 19

Slika 18 in 19, pov. 100 in 500.
Mikrostruktura žice C pri redukciji 98,9 %.

Fig. 18 and 19
Magnifications 100 × and 500 ×. Microstructure of wire C
at 98.9 % reduction.



Sl. 20



Sl. 21

Slika 20 in 21, pov. $200\times$ bel in jedkan obrusek, isto mesto, vzorec B.

Aksialna razpoka ob trdnem nekovinskem vključku.

Fig. 20 and 21

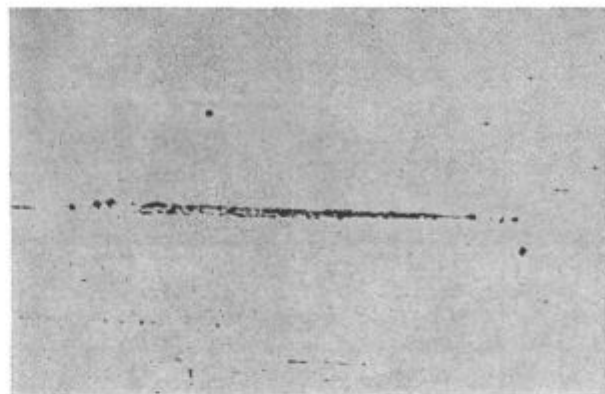
Magnification $200\times$. Unetched and etched specimen, the same area, sample B. Axial crack at a hard non-metallic inclusion.

perlitu podobno vlogo kot martenzitna zrna, le da se njihov učinek pokaže šele pri večji stopnji deformacije ali manjši debelini, zato ker so manjša. Torej bi lahko prihajalo do nukleacije mikrorazpok na mejni površini ferit-cementitno zrno in do preloma zaradi razširjenja teh razpok skozi žico. Možno je, da ima določen pomen pri tem procesu tudi debelina feritne obloge okoli cementitnih zrn.

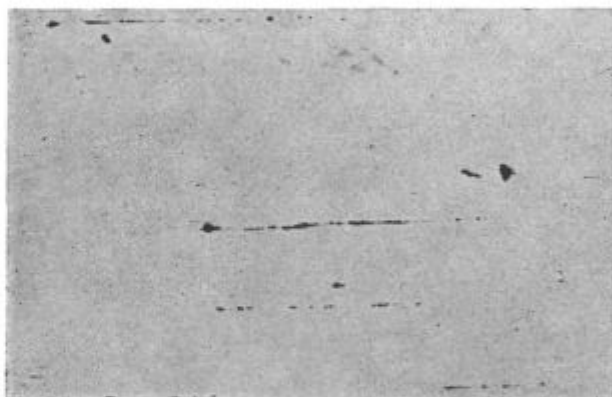
Domnevamo, da je mikrostruktura s finim lamelnim perlitom bolj plastična pri visoki stopnji skupne deformacije zato, ker se tanke cementitne lamele lažje orientirajo tako, kot deformacija zahteva, ali pa zato, ker so razpoke, ki nastajajo med njimi in feritom, premajhne, da bi se lahko pri nadaljevanju deformacije hitro širile skozi preostalo kovino. Upamo, da bodo v bodočnosti na voljo sredstva za raziskavo s ciljem, da bi našli utemeljen odgovor na to vprašanje, ki tehnološko morda ni zanimivo, pač pa je gotovo zanimivo za razumevanje mehanizma preoblikovanja jekel pri vlečenju in spoznavanja preoblikovalnih lastnosti različnih mikrostruktur.

SKLEP

Izvršili smo primerjalno preiskavo preoblikovalnosti z vlečenjem istega jekla, ki je imelo v začetnem izhodnem stanju mikrostrukture ferit-



Sl. 22

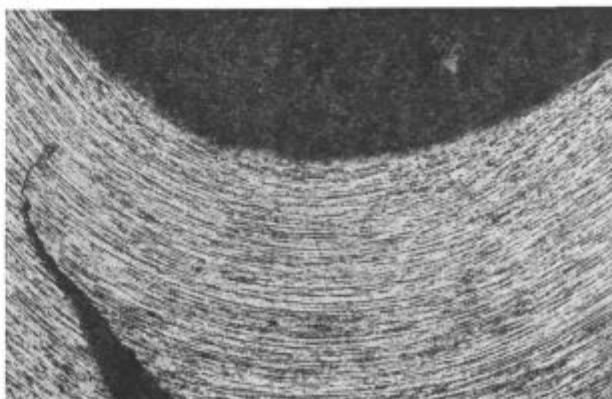


Sl. 23

Slika 22 in 23, pov. $200\times$, vzorec B. Nekovinski vključki po redukciji 98,9 %.

Fig. 22 and 23

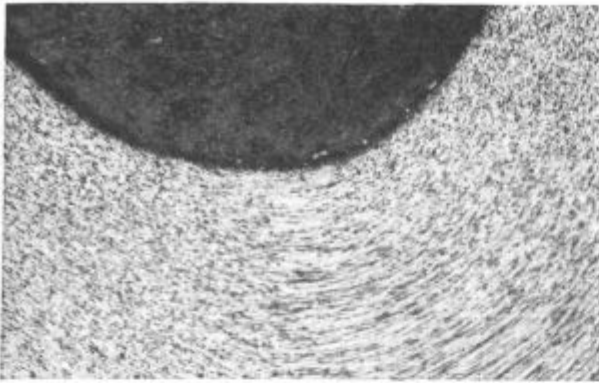
Magnification $200\times$. Sample B. Non-metallic inclusions after 98.9 % reduction.



Slika 24, pov. 100, vzorec C. Razpoka nastala pri upogibu.

Fig. 24

Magnification $100\times$. Sample C. Crack appeared after bending.



Slika 25, pov. 100, vzorec B.
Mikrostruktura na tlačni strani upognjene žice.

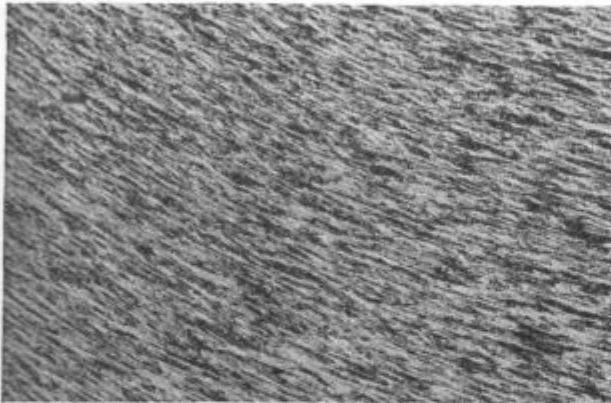
Fig. 25
Magnification 100 \times . Sample B. Microstructure on the compressed side of the bended wire.



Sl. 27

Slika 26 in 27, pov. 500, vzorec B.
Zaradi upogiba spremenjena oblika, kristalnih zrn na tlačni in na natezni stranji žice (primerjati s posnetkom na sl. 15).

Fig. 26 and 27
Magnification 500 \times . Sample B. Distorted form of crystal grains on the compressed and the tensile side of the bended wire (compare with Fig. 15).



Sl. 26

martenzit, ferit-fini lamelarni perlit in ferit-zrnati perlit. Ugotovili smo, da ima jeklo s feritno-martenzitno mikrostrukturo razmeroma slabo preoblikovalnost. Vzrok tega so trdna martenzitna zrna, ki se praktično ne deformirajo pri redukciji preseka žice. Zato se med feritom in martenzitnimi zrnji odpirajo razpoke, zaradi katerih se žica utrga pri nadaljevanju vlečenja. Druga dva vzorca žice sta prenesla brez vmesnega žarjenja deformacijo 98,9 %, to je redukcijo od debeline 6,25 mm na

debelino 0,65 mm. Pri tej debelini smo vlečenje prekinili, ker smo domnevali, da s tehnološkega stališča nadaljevanje vlečenja ni več zanimivo. Preiskusi in preiskave žice, vlečene na debelino 0,65 mm, pa so pokazali, da ima žica z mikrostrukturo iz ferita in lamelnega perlita pri tej debelini boljšo plastičnost od žice z mikrostrukturo iz ferita in zrnatega perlita. Nismo izvršili nobenih preizkusov, da bi to razliko pojasnili, po analogiji z žico z mikrostrukturo iz ferita in martenzita domnevamo, da je mehanizem učinka cementitnih zrn podoben kot učinek martenzitnih zrn, ker pa so cementitna zrna mnogo manjša, se njihov vpliv pokaže šele pri večjih redukcijah, ko je debelina žice manjša in tanjši sloj ferita, ki obdaja cementitna zrna.

Rezultati teh poizkusov kažejo, da mehanske lastnosti pri maloogljčnih jeklih, predvsem razteznost, pa tudi trdnost, ne dajejo prave podobe o preoblikovalni sposobnosti jekla z vlečenjem. Žica B je pokazala večjo plastičnost, kljub temu da je ob začetku vlečenja imela manjšo plastičnost in večjo trdnost kot žica C.

ZUSAMMENFASSUNG

Für die Versuche der Ziehfähigkeit ist aus einer Schmelze eines niedriggekohnten Stahles Walzdraht mit 6,25 mm Durchmesser und verschiedenartigem Gefüge vorbereitet worden. Das Gefüge war einmal Ferrit-Martensit, Ferrit-lamelaler Perlit und Ferrit-körniger Perlit. Der Draht ist auf einer einstufigen Ziehmaschine mit einer durchschnittlichen Querschnittabnahme von 16 % gezogen worden. Der Draht mit einem ferritisch-martensitischen Gefüge besitzt eine schlechte Verformbarkeit, weil martensitische Körner bei der Verformung, beim Durchgang durch die Ziehöse, nur schwer mitwirken. Deswegen entstehen Mikrorisse zwischen dem Martensit und Ferrit. Wenn die Dichte dieser Risse einen bestimmten Wert

erreicht, zerreißt der Draht, ohne dass sich am Gefüge Zeichen der Überzogenheit gezeigt hätten.

Das Ziehen anderer zwei Prüflinge ist bei einem Durchmesser von 0,65 mm und einer Verformung von 98,9 % unterbrochen worden. Untersuchungen dieses kaltverformten Drahtes zeigten, dass das Gefüge, bestehend aus Ferrit und lamelarem Perlit, eine grössere Verformbarkeit besitzt, als das Gefüge aus Ferrit und körnigem Perlit. Dieser Unterschied in der Verformbarkeit des Stahles kann als Folge einer ähnlichen Wirkung der winzigen unplastischen Zementitkörner angesehen werden, welche bei der grösseren Dicken die nichtplastischen Martensitkörner verursachen.

SUMMARY

Wires of the same batch of low carbon steel, 6.25 mm thick, with microstructures ferrite-martensite, ferrite-lamellar pearlite, and ferrite-spheroidal pearlite were prepared. They were drawn on a single-step drawing machine with an average reduction of 16 %. Wire with ferrite-martensite microstructure has a bad workability because martensite grains hardly cooperate in the process of deformation during passing through the die. Therefore microcracks appear between the martensite and ferrite. When density of these cracks reaches a certain value the wire breaks without microscopic marks of overdrawing were observed.

Drawing of the other two samples was interrupted at the thickness 0.65 mm and at the total deformation of 98.9 %. Investigations of cold worked wire of this thickness showed that ferrite-lamellar pearlite microstructure has a greater workability than the ferrite-spheroidal pearlite microstructure. This difference can be caused by similar influence of fine unplastic cementite grains on the steel workability as it was the case with unplastic martensite grains at the greater wire thicknesses.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из одной и той же самой шаржи низкоуглеродистой стали приготовлена проволока в толщине 6,25 мм. Её микроструктура: ферритно-мартенситная, ферритно-ламеллярно-перлитная и ферритно-зернисто-перлитная. Проволока подвергнута волочению на одностепенном волочильном устройстве с средней редукцией 16 %. Проволока ферритно-мартенситной структуры имеет плохую податливость, так как зёрна мартенсита весьма мало участвуют в процессе деформации при проходе через протяжную матрицу. Поэтому между мартенситом и ферритом образуются микротрещины. Как только густота этих трещин достигнут определённую величину, проволока разрывается, несмотря на то, что на ней не обнаружены микроскопические знаки перетяжки.

Волочение последующих двух образцов было прервано при толщине 0,65 мм при совокупной деформации 98,9 %. Исследование холодно деформированной проволоки этой толщины показало, что более хорошую податливость имеет микроструктура состоящая из феррита и ламеллярного графита в сравнении с структурой из феррита и зернистого перлита, которая более слабой податливости. Возможно, что эта разница вследствие подобного эффекта при мелких непластических зёрнах цементита на способность к деформации стали в сравнении с более крупными непластичными зёрнами мартенсита.

Kvantitativna metalografija ledeburitnih orodnih jekel

DK: 620.18:669.14.018.25
ASM/SLA: M21c; TSh

Jože Rodič

V okviru obsežnega raziskovalnega projekta *Železarne Ravne na področju ledeburitnih orodnih jekel* je s posebno pozornostjo obravnavana kvantitativna metalografija teh jekel.

Omenjeni projekt obsega v prvi fazi predvsem razvoj metodike raziskav in kvantitativno analizo vplivov kemijske sestave, pogojev izdelave in predelave ter toplotne obdelave na karakteristične lastnosti visokolegiranih orodnih jekel ledeburitnega tipa¹³⁵.

Kvantitativna metalografija ima prav pri takem raziskovalnem programu zelo pomembno mesto, predstavlja pa za nas novo področje preiskav. Iz objavljenih del in tudi iz skromnih lastnih izkušenj vemo, da današnjih možnosti kvantitativne metalografije še zdaleč ne izkoriščamo in tudi njene vloge pri raziskovalno razvojnem delu ne upoštevamo dovolj. Nasprotno pa zopet od kvantitativne metalografije včasih preveč pričakujemo in se s prevelikim zaupanjem predajamo rezultatom avtomatiziranih meritev. Spoznati moramo številne nevarnosti grobih napak, če želimo od teh preiskav res pridobiti to, kar nam lahko nudijo.

Železarna Ravne na Koroškem v kratkem pričakuje opremo za kvantitativno metalografijo, zato je za slovenske železarne ta tematika prav posebno zanimiva.

Zaradi teh ugotovitev so v članku zbrane in dokaj podrobno obravnavane vse razpoložljive informacije iz literature.

Paralelno z drugimi raziskovalnimi metodami smo skušali objektivno ugotoviti današnje možnosti kvantitativne metalografije in s praktičnimi izkušnjami ugotoviti vlogo ter uporabnost takih preiskav pri raziskovanju lastnosti ledeburitnih orodnih jekel. V tem članku se omejujemo na pregled publiciranih del, s čimer je podan kratek pregled razvoja kvantitativne metalografije in kritična ocena problematike na današnji stopnji razvoja. V nadaljevanju tega članka bodo podani še rezultati lastnih meritev in kritična zapažanja na osnovi izkušenj, pridobljenih s preiskavami v letu 1974. Te preiskave sta nam v okviru sodelovanja Železarne Ravne z Max Planck inštitutom v Düsseldorfu omogočila pokojni prof. A. Rose in dr. H. P. Hougardy na njihovih aparataturah. Za sodelovanje in cenjeno pomoč se jim avtor v imenu Železarne Ravne ob tej priliki najlepše zahvaljuje.

Jože Rodič je diplomirani inženir metalurgije in vodja službe za razvoj tehnologije, izdelkov in metalurške raziskave v Železarni Ravne.

UVOD

Jekla večinoma klasificiramo po lastnostih, ki so odvisne od njihove mikrostrukture, t. j. tipa, stanja, količine, oblike in prostorske porazdelitve različnih faz. Zato je pazljivo karakteriziranje mikrostruktur zelo pomembno v kontroli kakovosti in v razvoju jekel.

Pri vseh delih, ki obravnavajo uporabne lastnosti brzoreznil in ledeburitnih orodnih jekel, najdemo povezovanje teh s pomembnimi vplivi stopnje enakomernosti porazdelitve karbidov, z vplivi trakovitosti karbidov, ostankov ledeburitne mreže ter z vplivi količine karbidov in velikosti karbidnih zrn.

Znatne so razlike med vzdolžno in prečno smerjo glede na usmerjenost deformacij pri vroči predelavi. Z razlikami v količini karbidov in z njihovo razporeditvijo ne povezujejo samo odporosti proti obrabi ali obstojnosti orodij, ampak tudi mehanske lastnosti pri upogibnem in torzijskem poizkusu ter mnoge druge tehnološke in fizikalne karakteristike. Kvantitativnih vrednosti o velikosti teh vplivov, posebno o vplivu neenakomernosti porazdelitve karbidov, pa v literaturi skoraj ne najdemo. Nekaj več vemo o vplivu prisotnosti grobih karbidov v defektnih strukturah brzoreznil jekel^{130, 131}. Do nedavnega je bilo namreč za tako ugotavljanje in kvantitativno izražanje zelo malo možnosti in še te so bile omejene na uporabo primerjalnih tabel, na določanje povprečne količine karbidov s pomočjo elektro-kemične izolacije in na različne načine meritev velikosti karbidnih zrn.

Tako se danes še vedno vprašujemo:

Kako delujejo karbidi vloženi v trdo osnovo? Kakšne količine, kakšne velikosti in kakšne porazdelitve karbidov so optimalne in kakšne so škodljive? Kako so odgovori na ta vprašanja povezani z vrsto orodja in njegovo uporabo? Ali so danes upoštevana mnenja o porazdelitvi in velikosti karbidov v brzoreznil in ledeburitnih orodnih jeklih pravilna in ali je ves trud za njihovo izboljšavo upravičen? Kako deluje karbidna trakovitost kot posledica izdelave jekla, strjevanja in vroče predelave na uporabne lastnosti jekla?

Se več takih vprašanj bi lahko naštevali, za odgovor pa potrebujemo obsežne sistematične meritve količin, velikosti, oblik in porazdelitev karbidov.

S klasičnimi metalografskimi metodami je število faz v mikrostrukturi v splošnem lahko določiti. Tudi določitev vrste faz izkušenemu metalografu ne predstavlja posebnih težav. Že z opazovanjem nejedkanega obrusa spoznamo večje karbide, okside ali sulfide. Običajno pa je za razlikovanje faz potrebno ustrezno jedkanje. Za posebne primere so poznani še specialni postopki metalografske tehnike. Z optičnim mikroskopom dosežemo mejo ločljivosti najmanjših delcev s premerom okrog $0,2 \mu\text{m}$.

Določevanje količin, oblik in porazdelitev faz na metalografskem obrusu je že znatno bolj problematično, za oceno kakovosti jekla pa je prav to zelo pomembno. Dolgo za take določitve ni bilo primernih merilnih aparatov, zato je bilo to določanje precej subjektivno, odvisno od metalografa. Na tem področju so zelo pomemben pripomoček številne primerjalne tabele mikrostruktur v tehniki komparativne metalografije. Če jih uporabljajo izkušeni metalografi, omogočajo dokaj enotne določitve.

Primerjalne tabele, ki so danes pri metalografskih preiskavah široko uporabljane in splošno poznane, lahko smatramo za polkvantitativno opisovanje struktur. Že to je omogočilo velik napredek z možnostjo uporabe statističnih analiz na osnovi številčnega karakteriziranja značilnih struktur.

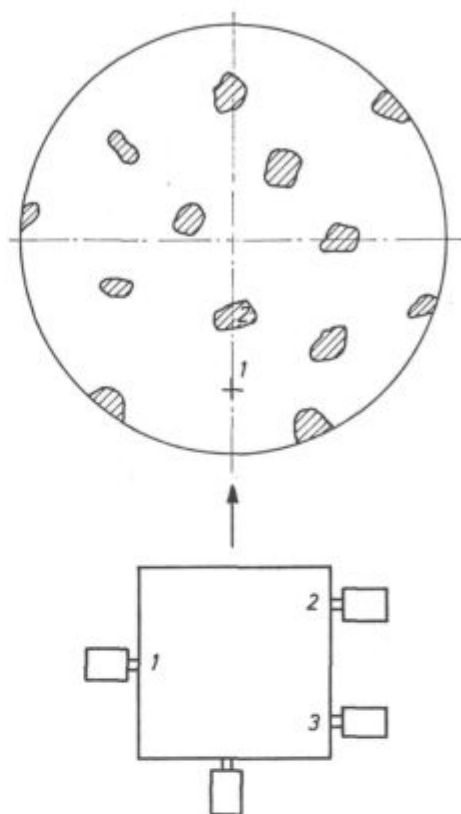
Večkrat zahtevamo na enem metalografskem obrusu v kratkem času toliko posameznih in različnih izvednotenj, da se zdi avtomatiziranje komaj mogoče, po drugi strani pa bi prav na tem področju bilo avtomatično izvednotenje najbolj potrebno. Posebna prednost avtomatične analize je reproduktivnost, ki je lahko pri pazljivem in strokovnem delu znatno boljša kot pri klasičnih analizah. Kvantitativna metalografija predstavlja velik napredek in odpira z možnostmi avtomatizacije in krmiljenja meritev nove možnosti na področju raziskav in razvoja orodnih jekel.

Vse od začetkov metalografije je potreba po čimboljšem izražanju strukturne zgradbe predstavljala gonilno silo v razvoju novih postopkov in aparatov. Ta razvoj danes nikakor še ni zaključen, je pa vsekakor dosegel že visoko stopnjo kakovosti in avtomatizacije s posebnimi aparaturnimi, med katerimi zavzema kvantitativni televizijski mikroskop zelo pomembno mesto.

OSNOVE KVANTITATIVNE MIKROKOPIJE, PREGLED RAZVOJA IN DANASNJE MOŽNOSTI MERITEV

Avtomatični merilni postopki za izvednotenje mikrostruktur temeljijo večinoma na klasični linearni analizi, ki pri pravilni izvedbi daje informacije o razporedu faz, vendar je pri ročni izvedbi taka meritev zelo zamudna.

Prvi korak pri poenostavitvi izvedbe linearne analize za določitev količinskih deležev faz je predstavljal uporaba tako imenovane integracijske mizice, ki je v principu prikazana na sliki 1.



Slika 1
Princip integracijskega postopka¹⁾.

Fig. 1
Principle of the integration process¹⁾.

Mizica mikroskopa se lahko pomika v eni smeri z dvema mikrometrskima vijakoma 1 in 2. Dokler se nitni križ nahaja na področju faze 1, se pomika mizica z vijakom 1, ko pa preide nitni križ v fazo 2, se nadaljnje pomikanje mizice izvaja z mikrometrskim vijakom 2. Ko je meritev v eni merilni liniji končana, se mizica vrne v začetni položaj z vijakom 3 in paralelno premakne na naslednjo merilno linijo. Ploščinski delež faze 2 dobimo iz razmerja, ki ga odčitamo na mikrometrskih vijakih

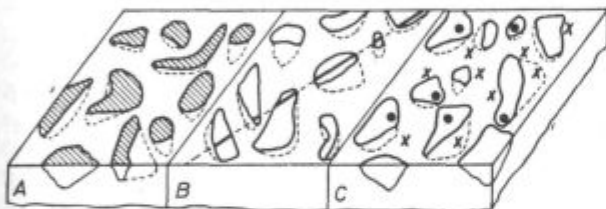
$$F_2 = \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

Merilne mizice po takem principu so lahko opremljene s šestimi mikrometrskimi vijaki.

Nadaljnji korak v avtomatizaciji je bil pomik mizice z motorčkom, katerega število vrtljajev je bilo registrirano s stikali za različne faze in s pripadajočimi števci. Izvednotenje s takim pripomočkom je bilo že mnogo hitrejše. V naslednji fazi je bilo mogoče na opisano napravo priključiti še posebno napravo za elektronsko izvednotenje

porazdelitve velikosti. To je edeno od principov, v toku razvoja pa so bile izvedene še naprave na nekoliko drugačnih osnovah. Pri vseh teh napravah je bilo tudi pri avtomatskem klasiranju delcev vse vezano na nastavitve metalografa. Za popolno avtomatizacijo izvedenja je bilo potrebno nastaviti otipavanje stopnje svetlosti in s tem ugotavljati razliko med fazami.

Osnovo številnih izvedb aparatov za kvantitativno metalografijo predstavlja metodika stereometrične analize. Naloga stereometrične analize je kvantitativno zajemati in s številčnimi vrednostmi izražati geometrijsko zgradbo strukture. Analitične in statistične osnove za določanje prostorskih vrednosti iz opazovanj na ploskvi obrusa so bile delno že pred daljšim obdobjem obdelane v zvezi s petrografskimi problemi. Danes je zaradi velikega števila razpoložljivih postopkov potrebna kritična izbira, da bi lahko enotno definirali in medsebojno primerjali karakteristične vrednosti. V nadaljnjem naj bi spregovorili o merilnih postopkih in nato o možnostih napak ter končno o tistih karakterističnih vrednostih, ki naj bi optimalno opisale strukturo.



Slika 2

Določevanje količinskih deležev v strukturi⁷²

— A) Analiza plosčin, — B) Linearna analiza — C) Točkovna analiza.

Fig. 2

Determination of the quantitative fraction in the structure⁷²
A — Analysis of areas, B — Linear analysis, C — Point analysis.

Na sliki 2 so prikazane tri možnosti izvedenja na ravnem obrusu. Pri analizi plosčin merimo in štejemo ploskve presekov strukturnih elementov. Pri linearni analizi položimo preko ploskve obrusa merilno linijo. Preseke izmerimo in štejemo presečne točke merilne linije z mejami faz ali zrn. Pri točkovni analizi ploskev obrusa prekrijemo s točkovnim rasterjem in ugotavljamo število točk, ki padejo v določeno fazo. Pri tem imamo na razpolago naslednje merilne vrednosti (tabela 1):

Kako dobimo podatke o prostorskih količinskih deležih in o prostorski porazdelitvi delcev na osnovi meritev v ravnini — na metalografskem obrusu^{72, 74}, na tem mestu posebej ne obravnavamo. Hougardy⁷⁹ podaja podroben in kritičen pregled z opisi značilnosti aparatov za kvantitativno metalografijo, ki so bile ob začetku leta 1974 na razpolago. Ob različnih izvedbah posameznih proizvajalcev so principi zgradbe in delovanja dokaj enotni.

Tabela 1: Merjene vrednosti strukturne analize⁷²

Točkovna analiza (za P merilnih točk)	Linearna analiza (za merilno dolžino L)	Analiza plosčin (za merilno ploskev A)
P_P	L_L	A_A
	N_L	N_A
	$n = f(l)$	$m = f(d)$
	Z_{KG}	
	Z_{PG}	

P_P = Število merilnih točk, ki padejo v določeno fazo.

L_L = Dolžina merilne linije v opazovani fazi.

A_A = Ploskev, ki pripada opazovani fazi.

N_L = Število tetiv v opazovani fazi na merilni dolžini L.

N_A = Število presečnih ploskev v merilni ploskvi A.

n = Število tetiv kot funkcija njihove dolžine l.

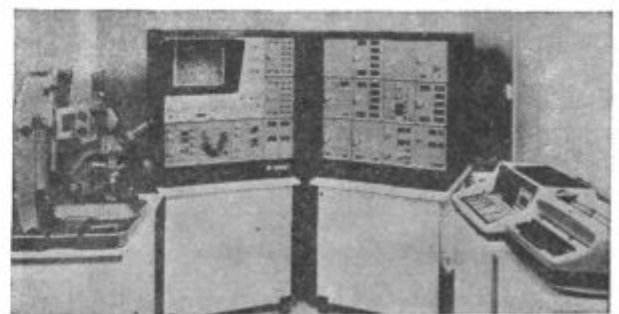
m = Število presečnih ploskev kot funkcija njihovega poprečnega premera d.

Z_{KG} = Število presečnih točk merilne dolžine z mejami zrn opazovane faze.

Z_{PG} = Število presečnih točk merilne dolžine z mejami faz.

Pri opisovanju uporabnosti in merilnih možnosti na današnji stopnji razvoja se bomo v nadaljnjem pač omejili na kvantitativni televizijski mikroskop »Quantimet«, ki se je za to področje na tržišču pojavil prvi in se danes v močno izpopolnjeni izvedbi tudi največ uporablja^{126, 79}. Kvantitativni TV mikroskop »Quantimet 720« firme Imanco je prikazan na sliki 3.

Iz kvantitativnega TV mikroskopa se mikroskopska slika s TV kamero prenese na monitor. Dodatno se električni signali, ki posredujejo vsebino slike in izhajajo iz kamere, izvedotijo z logično enoto. Prenajanje slike z električnimi signali



Slika 3

Kvantitativni TV mikroskop QUANTIMET 720 firme IMANCO — Image Analysing Computer Ltd.

Fig. 3

Quantitative TV microscope QUANTIMET 720 manufactured by IMANCO — Image Analysing Computer Ltd.

omogoča obenem registriranje in iz vrednotenje vseh meritev v smislu linearne ali točkovne analize s pomočjo ustrezne elektronike. Aparat zajame vse tiste dele slike, katerih sivi ton je temnejši ali svetlejši od neke določene nastavljive sive vrednosti. S pomočjo jedkanja, neparjanja in istočasnega izkoriščanja svetlobno optičnih možnosti je treba doseči zadovoljiv kontrast med fazami.

Zahteve po zadostnih kontrastih med fazami so razvile posebne postopke jedkanja ali pa posebne postopke mikroskopiranja ali uporabo pomožnih fotografskih postopkov.

Določevanje porazdelitve velikosti karbidov v orodnih jeklih je zahtevalo še dodatno povečavo.

Na osnovi vseh teh postopkov in zbranih praktičnih izkušenj v razvoju je kvantitativni televizijski mikroskop zadovoljil večino zahtev.

S tem aparatom lahko menjamo različne načine meritev, kot npr.:

- ploščinski deleži posameznih faz,
- število delcev v merilnem polju,
- porazdelitev velikosti delcev,
- karakteriziranje oblike, oz. sploščenosti.

Iz teh merjenih vrednosti z nadaljnjim izračunavanjem lahko dobimo številne karakteristične vrednosti za strukturno zgradbo ali velikost zrn. Predpogoj za vse te meritve pa je vedno zadosten kontrast svetlosti faz, ki jih med seboj želimo razlikovati. Na tej osnovi nudi razvoj kvantitativne televizijske mikroskopije pot od subjektivnih metalografskih ocen k objektivnim merjenim vrednostim.

Oglejmo si prav na kratko možnosti meritev od tistih, ki so možne, a najmanj interesantne in jih v nadaljnjem ne bomo obravnavali, do tistih, katerim se bomo kasneje še posebej posvetili.

Mikrovključki:

Pri ledeburitnih orodnih in brzoreznih jeklih kvantitativne analize mikrovključkov niso posebno interesantne, pa tudi ustrezne metode za zanesljivo izvedbo takih meritev še ne poznamo. Zato naj samo omenimo, da je pri mnogih drugih vrstah jekel prav analiziranje nečistoč eno najzanimivejših področij kvantitativne metalografije. Za meritve količin, oblik in porazdelitve vključkov so razvite celo specializirane aparature.

Velikost zrn:

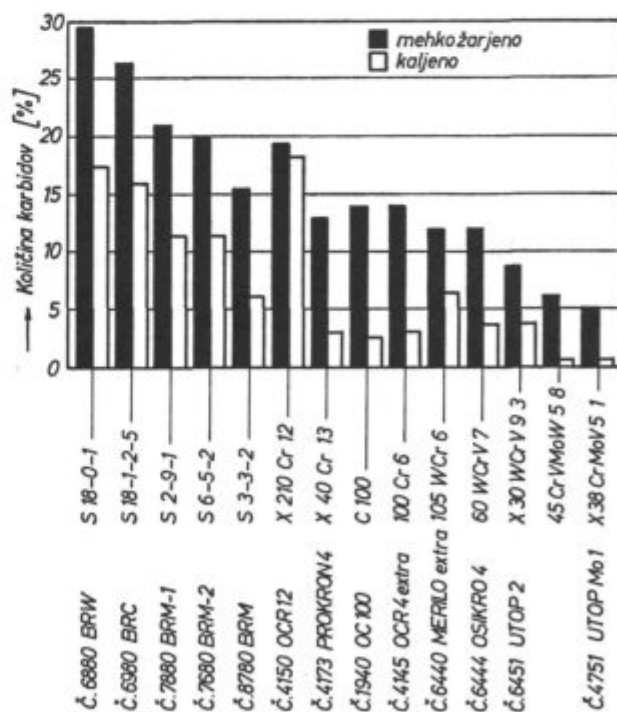
S kvantitativnim mikroskopom je tudi mogoče neposredno meriti velikost zrn v jeklih pod pogojem, da so meje zrn v primerjavi z osnovno strukturo temno jedkane in da ni nobene druge enako temne faze na obrusu. Če poznamo z današnjo običajno tehniko jedkane mikrostrukture ledeburitnih in brzoreznih jekel¹²⁸, si lahko pred-

stavlamo, da je določanje velikosti zrn pri teh jeklih še dokaj problematično. Lahko rečemo, da je danes merjenje velikosti zrn v glavnem še omejeno na mehka jekla in jekla za poboljšanje s feritno perlitno strukturo. Se pri tem si moramo pomagati tako, da izberemo povečavo tako nizko, da ostanejo nemetalni vključki pod sposobnostjo ločevanja mikroskopa in se pojavljajo v aparaturi na zaslonu samo meje zrn.

Količine strukturnih faz:

Zelo interesantno področje uporabnosti kvantitativnega TV mikroskopa predstavlja merjenje količine karbidov in porazdelitve karbidov v orodnih jeklih, kjer so zbrane že dokaj dobre izkušnje. Različne vrste karbidov so po jedkanju z natrijevim pikratom, z nekoliko modificiranim jedkalom Murakami ali z jedkalom Grosbeck zelo temni, tako da zagotavljajo dober kontrast v primerjavi z osnovno mikrostrukturo. Količina karbidov se lahko na kvantitativnem mikroskopu določa z relativno napako $\pm 3\%$ pod pogojem, da je povečava tako velika, da so vsi karbidni delci vidni na zaslonu⁷¹.

Ko je bilo zagotovljeno registriranje delcev s premerom $0,2\ \mu\text{m}$, so ugotovljene količine karbidov v orodnih jeklih dokaj dobro sovpadale z rezultati meritev na osnovi kemične izolacije karbidov, analiza pa je izvršena mnogo hitreje po poti kvantitativne mikroskopije⁷¹. Sistematične primerjave rezultatov kvantitativne metalografije in gra-



Slika 4 Vsebnosti karbidov v nekaterih orodnih jeklih (Rose).

Fig. 4 Carbide contents in some tool steels (Rose).

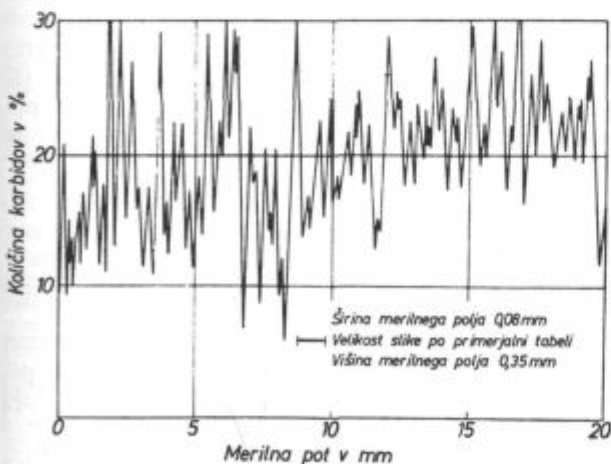
vimetričnega ugotavljanja količin elektrolitsko izoliranih karbidov pa še niso bile zadovoljivo opravljene.

S kvantitativnim mikroskopom določimo pre-majhne količine karbidov, če je znaten delež karbidov take velikosti, ki je pod zmogljivostjo zaznavanja sistema. Napaka je toliko večja, kolikor več je takih finih karbidov. Slika 4 prikazuje nekaj rezultatov posebnih preiskav⁷¹, pri katerih je bila posebna pozornost usmerjena v zagotavljanje največje sposobnosti zaznavanja sistema kvantitativnega mikroskopa.

Praktična uporaba teh meritev je pri določanju količine in porazdelitve neraztopljenih karbidov po kaljenju orodnih jekel. Na tem področju so velike možnosti uporabe te aparature.

Trakavost:

Pri orodnih jeklih zelo pogosto zahtevamo za oceno kakovosti med drugim tudi oceno trakavosti karbidov. Če delamo s kvantitativnim TV mikroskopom pri majhni povečavi, bomo merili samo velike karbide in s tem dobimo informacijo o karbidni trakavosti, ki jo lahko vzporejamo s poznanim določevanjem po primerjalnih tabelah. Če določamo količino karbidov v ledeburitnem orodnem jeklu, vidimo, da vsebnosti lokalno zelo nihajo. Slika 5 kaže te spremembe količine karbidov na merilni poti 20 mm. V spodnjem delu slike je prikazana velikost slike na primerjalni tabeli za karbidno trakavost. Če to primerjamo z nihanjem, prav lahko ugotovimo, v kolikšni meri lahko ocene po primerjalnih tabelah smatramo za reprezentativno srednjo vrednost. Z nadaljnjim razvojem uporabe kvantitativne TV mikroskopije bo vsekakor mogoče priti do objektivnejših meril in natančnejšega vrednotenja porazdelitve karbidov.

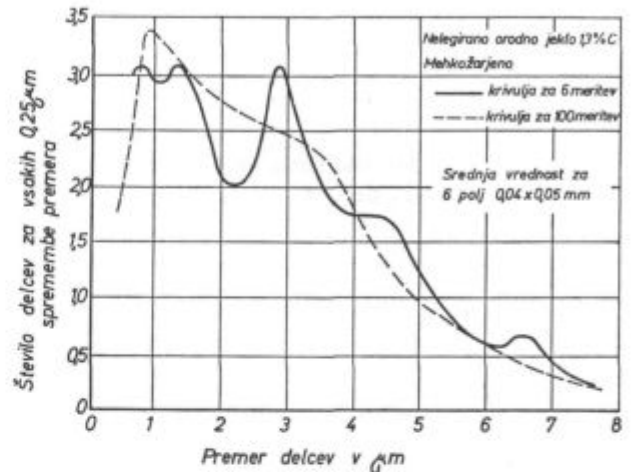


Slika 5
Nihanja količine karbidov⁷¹ v ledeburitnem orodnem jeklu, tipa 2 % C, 12 % Cr.

Fig. 5
Variations of carbide amounts⁷¹ in ledeburitic tool steel with 2 % C, and 12 % Cr.

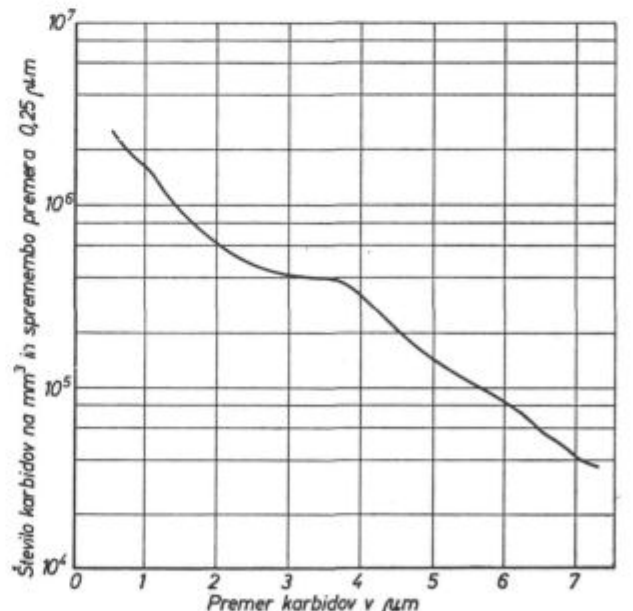
Velikost delcev:

Pri raziskavah orodnih jekel je skoraj najpomembnejša možnost uporabe kvantitativne TV mikroskopije za meritve in ugotavljanje porazdelitve velikosti karbidov. To je zelo pomembno pri raziskavah raztapljanja in izločanja karbidov. Slika 6 kaže porazdelitev pogostosti v odvisnosti



Slika 6
Porazdelitev velikosti karbidov⁷¹ na osnovi krožnih odsekov karbidov v nadevtektoidnem nelegiranem orodnem jeklu z 1,3 % C.

Fig. 6
Size distribution of carbides⁷¹ based on circle segments of carbides in a hypereutectoid unalloyed tool steel with 1.3 % C.



Slika 7
Prostorska porazdelitev velikosti krogičastih karbidov⁷¹ mehkožarjenega nelegiranega nadevtektoidnega orodnega jekla z 1,3 % C. Preračunano iz vrednosti na sliki 6 po metodi Saltykov⁷².

Fig. 7
Space size distribution of spheroidal carbides⁷¹ in a soft annealed unalloyed hypereutectoid tool steel with 1.3 % C. Values from Figure 6 were calculated by Saltykov method⁷².

od premerov karbidov na obrusu mehko žarjenega nadevtektoidnega jekla z 1,3 % C. V teh meritvah se kaže tudi nehomogenost preizkušanca. Izvlečena krivulja kaže poprečje šestih meritev. Posebne raziskave⁷¹ pa so pokazale, da je potrebno za zanesljivo poprečno krivuljo vsaj 100 meritev, kar prikazuje črtkana krivulja na sliki 6. Dejansko porazdelitev velikosti v prostoru dobimo s pomočjo posebne metodike preračunavanja¹²⁷ — glej slika 7.

Ta krivulja ne daje v primerjavi s sliko 6 kake bistveno različne informacije. Seveda pa take porazdelitve v prostoru potrebujemo, če želimo raziskovati zakonitosti mehanizmov raztapljanja ali izločanja karbidnih delcev.

Analize s pomočjo modelov mikrostruktur

Homogenost, oziroma heterogenost struktur s pomočjo stereometrične analize so na zanimiv način raziskovali Swoboda, Mitsche, Malissa, Staska in Kulmburg^{123–125}.

Posebno zanimiv je poskus Kulmburga⁸⁵, da bi s pomočjo modelnih slik podajal karakteristike mikrostruktur in porazdelitve karbidov v ledeburitnih orodnih jeklih. Ker gre pri tem predvsem za »homogenost položaja«, so linearno analizo modelnih slik izvajali v treh smereh in nato medsebojno primerjali krivulje porazdelitev presekov določene faze. Pri ledeburitnih orodnih jeklih lahko mikrostrukture primerjamo z modeli, prikazanimi na sliki 8.

Enakoosna mreža (A) ustreza nepredelanemu litemu stanju, splošena mreža (B) rahlo predelanemu litemu ingotu, trakasta porazdelitev (C) pa močno predelanemu končnemu izdelku. Enakomerna porazdelitev (F) daje sliko dvofazne strukture, ki skoraj ne kaže teksturiranosti. Porazdelitve redkejših (E) ali gostejših zgostitev (D) pa kažejo vmesne možne primere.

Namen Kulmburgovega dela je bil predvsem v tem, da bi ugotovili, kako krivulje porazdelitve določenih modelnih slik ustrezajo krivuljam porazdelitve za realne strukture, ki tem modelnim slikam ustrezajo. Poleg tega je avtor želel najti najustreznejši način, s katerim bi številčno, npr. s številčnimi matrikami izrazil značilnosti porazdelitve realne strukture.

Za poizkuse so uporabili kot preizkusni material jeklo, tipa OCR 12, in brzorezno molibdenovo jeklo.

Raziskavo z linearno analizo so izvajali na avtomatičnem aparatu Digiscan-Phasenintegrator und Gruppendiskriminator firme Kontron, pri katerem je optični mikroskop z elektronsko avtomatskimi napravami vezan z raster fotometrom. Sposobnost ločevanja tega aparata znaša 0,5 μm . Slika 9 shematično prikazuje princip uporabljene metode linearne analize¹²⁵.

Na abscisi je razdelitev dolžin presekov logaritmična, tako da so to logaritmično normalne porazdelitve.

Vrednosti, ki so jih dobili v smeri pod 45°, se od tistih, ki so jih dobili v smeri 0° in 90°, nepomembno razlikujejo ali pa padajo v vmesno področje, zato jih avtor v članku ne obravnava.

Slika 10 podaja krivulje relativne pogostosti, slika 11 pa kumulativne pogostosti v verjetnostni mreži za porazdelitve dolžin presekov posameznih faz pri orodnem jeklu z 2 % C in 12 % Cr. Slika 12 podaja za primerjavo analizo ustrezne modelne strukture za lito stanje z enakoosno fino mrežo.

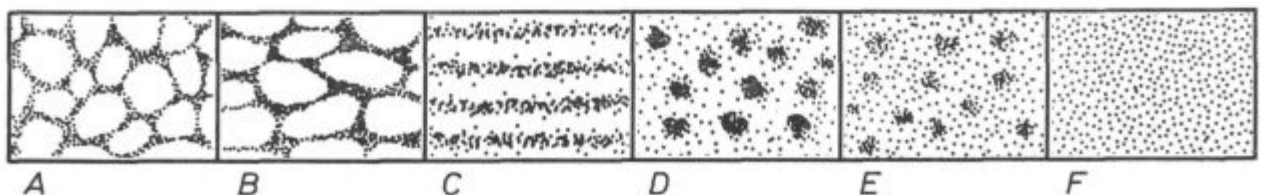
Smer meritve skoraj ne kaže razlik, zato ugotavljamo, da pri taki strukturi ni neke prednostne smeri. Napaka pri takih meritvah pa nastopa v tem, da celotno polje ledeburita štejemo kot ploščino karbidov in tako dobimo prevelik odstotek karbidov. Točkovna analiza ima v takih primerih določene prednosti pred linearno, ker ta napaka ne nastopa v taki meri.

Pri trakasti porazdelitvi karbidov so razumljivo ugotovili precej drugačne karakteristike, ki jih prikazujejo slike 13, 14, 15. Razlika med smerjo linearne analize je jasno izražena.

Pri brzoreznem jeklu, tipa 6-5-2, na slikah 16 in 17 so ugotovili enakomernejšo porazdelitev karbidov.

Na podoben način je obravnavano še brzorezno jeklo, tipa 6-5-2, z enakomernejšo porazdelitvijo, pri čemer so prikazane kumulativne krivulje porazdelitve dolžin presekov karbidov in osnovne matice na sliki 17.

Avtor podaja nato predlog številčnega karakteriziranja porazdelitve strukturne faze, pri čemer posebej za osnovno matico in za karbide podaja številčne pare za poprečno dolžino preseka v mi-

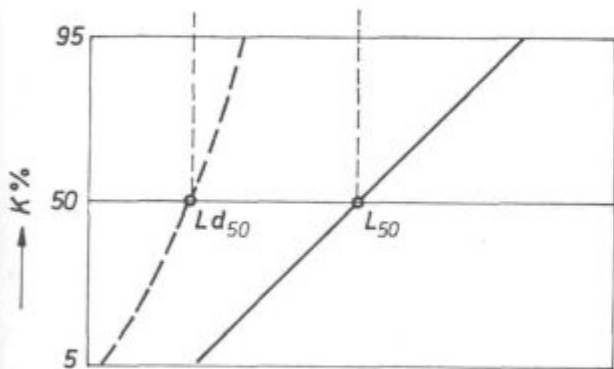
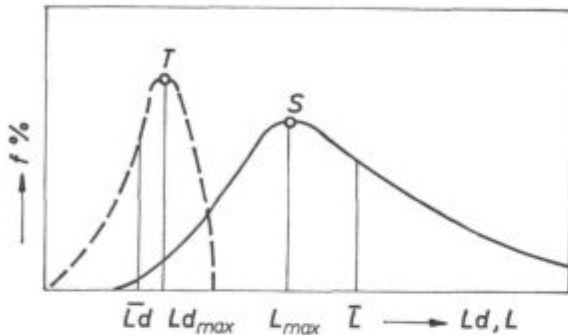
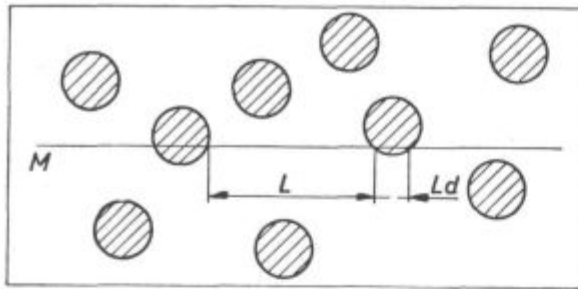


Slika 8

Modeli dvofazne strukture z enakimi količinskimi deleži in različno porazdelitvijo faz⁸⁵.

Fig. 8

Models of two-phase structure with equal fractions and various phase distributions⁸⁵.



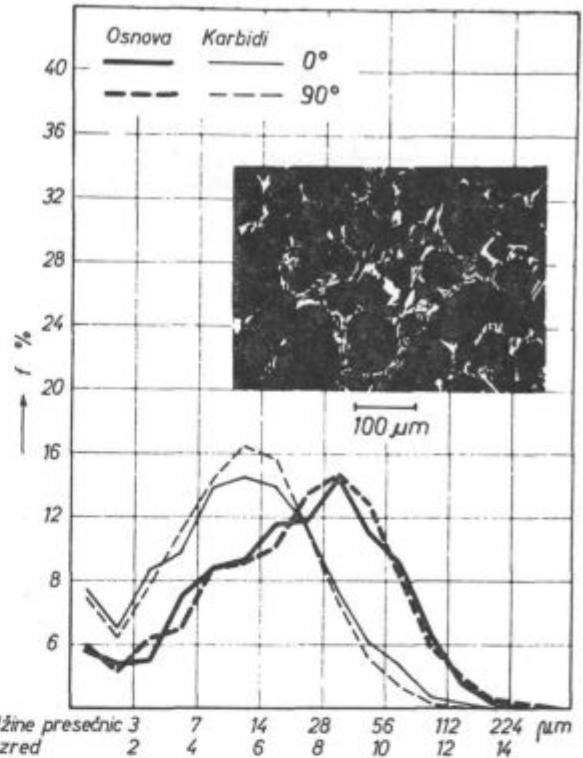
Slika 9

Merjenje vrednosti linearne analize in krivulje porazdelitve dolžin presečnic v dvofazni strukturi (shema¹⁰). Oznake pomenijo: L — dolžina presečnice v svetli fazi, Ld — dolžina presečnice v temni fazi, M — merilna linija, T — temna faza, S — svetla faza, f% — relativna pogostost, L, Ld — poprečne dolžine presečnic, L_{max}, Ld_{max} — najpogostejše dolžine presečnic, K% — kumulativna pogostost, L₅₀, Ld₅₀ — centralne vrednosti za kumulativno pogostost 50%.

Fig. 9

Measured values of linear analysis and distribution curves of lengths of intersection lines in the two-phase structure (scheme¹⁰). L — length of the intersection line in the bright phase, Ld — length of the intersection line in the dark phase, M — measuring line, T — dark phase, S — bright phase, f% — relative frequency, L, Ld — mean lengths of the intersection lines, L_{max}, Ld_{max} — most frequent lengths of intersection lines, K% — cumulative frequency, L₅₀, Ld₅₀ — central values for cumulative frequency 50%.

krometrih in poprečno pogostost v odstotkih z označenjem, da se to nanaša na maksimum ali na minimum. Nato podaja še v mikrometrih vrednosti prehoda kumulativne krivulje skozi karakteristične kumulativne frekvence 15,9 — 50 — 84,1 in 98%.



Dolžine presečnic 3 7 14 28 56 112 224 μm
Razred 2 4 6 8 10 12 14

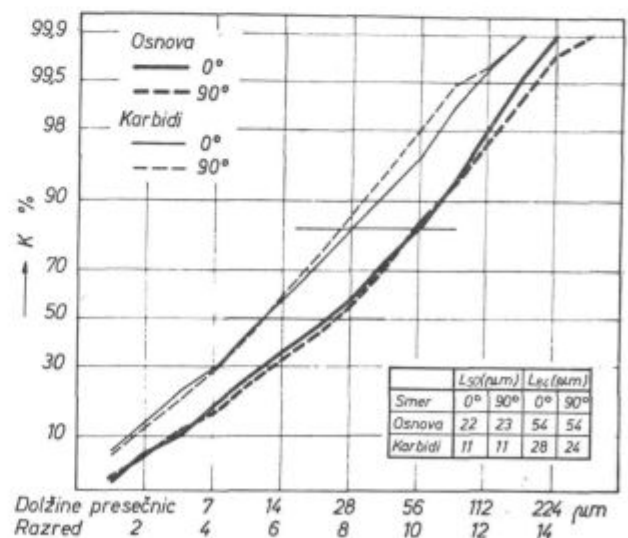
Slika 10

Porazdelitve dolžin presečnic v dvofazni strukturi litega — nepredelanega ledeburitnega orodnega jekla z 2% C in 12% Cr¹⁵.

Fig. 10

Distribution of lengths of intersection lines in the two-phase structure of cast — unworked ledeburite tool steel with 2% C, and 12% Cr¹⁵.

V tej smeri je potrebno še precej raziskovalnega dela in razčiščevanja medsebojnih odvisnosti, predlog karakteriziranja karbidnih mikrostruktur pa je vsekakor zanimiv.

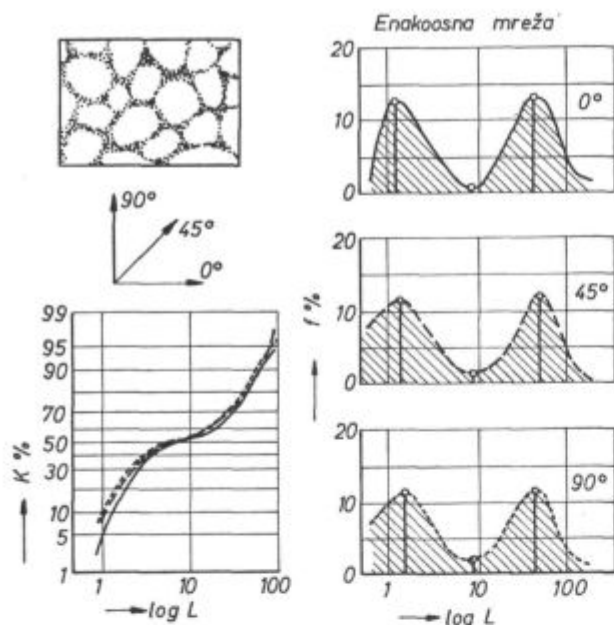


Slika 11

Porazdelitev slike 10 v verjetnostni mreži.

Fig. 11

Distribution on Figure 10 in the probability net.

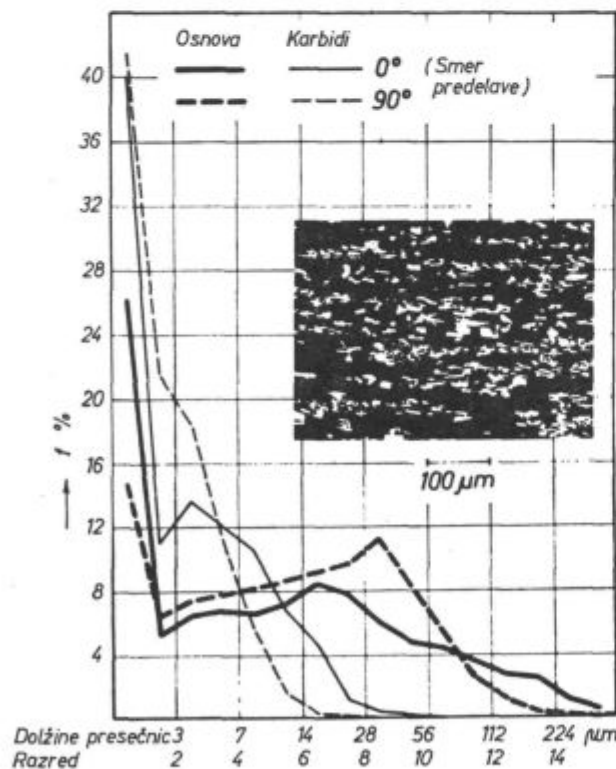


Slika 12

Analize porazdelitev strukturnega modela enakoosne mreže¹⁵.

Fig. 12

Analyses of distributions of the structure model in the equiaxial net¹⁵.

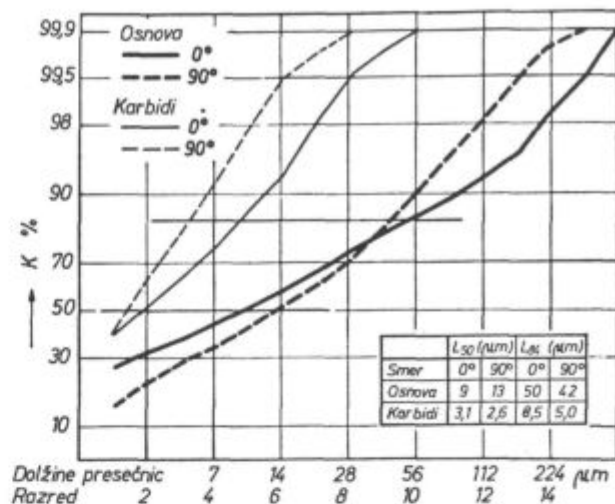


Slika 13

Porazdelitve dolžin presečnic v dvofazni trakasti strukturi ledeburitnega orodnega jekla z 2,9 % C in 12 % Cr¹⁵.

Fig. 13

Distribution of lengths of intersection lines in the two-phase band structure of ledeburite tool steel with 2.9 % C, and 12 % Cr¹⁵.

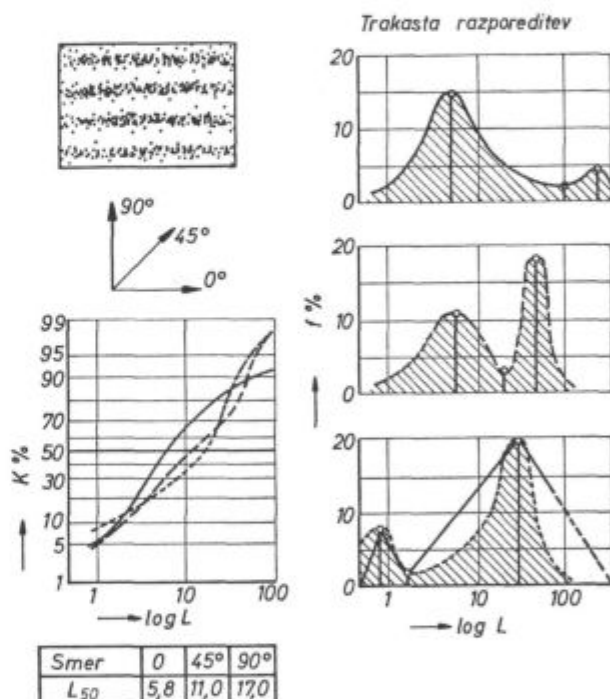


Slika 14

Porazdelitev slike 13 v verjetnostni mreži.

Fig. 14

Distribution on Figure 13 in the probability net.



Slika 15

Analize porazdelitev modela trakaste strukture¹⁵.

Fig. 15

Analyses of distributions of the band structure model¹⁵.

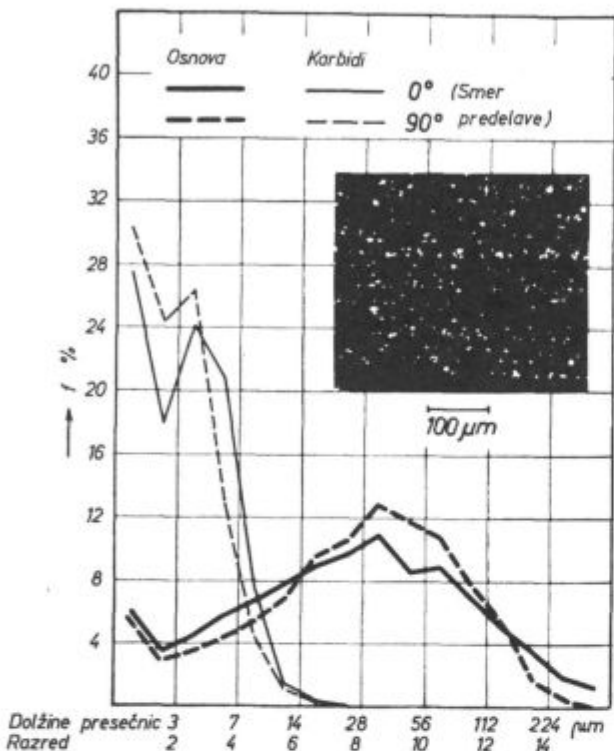
AVTOMATIZACIJA MERITEV IN AVTOMATSKA OBDELAVA PODATKOV

Za popolno karakteriziranje mikrostrukture je potrebno meriti mnogo parametrov in številne podrobnosti. Take meritve predstavljajo tako zahtevno in obsežno delo, da sistematične raziskave na področju kvantitativne metalografije skoraj niso izvedljive brez visoke stopnje avtomatizacije in povezave z računalniškim sistemom. Vse te ob-

sežne meritve pa je treba zgostiti v čim manjšo reprezentativno serijo števil, če želimo karakteristike mikrostrukture povezovati z lastnostmi jekla. Prav to pa je zopet zahtevna naloga, ki bo v nadaljnjem razvoju zahtevala še mnogo sistematično povezanih raziskav.

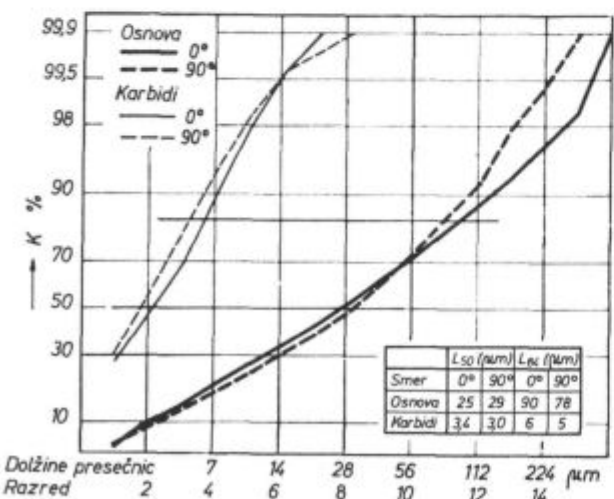
Sistem povezave kvantitativnega TV mikroskopa z računalnikom ter visoko stopnjo avtomatizacije meritev sta že pred leti izvedla Hougardy in Rose⁷⁷ na Max Planck Institutu v Düsseldorfu. Uporabila sta osnovni sistem Quantimet B firme Metals Research Ltd.¹²⁶, pri čemer sta standardni vgrajeni mikroskop zamenjala z mikroskopom večje zmogljivosti, na katerega sta neposredno montirala TV kamero. Ta merilni sistem sta povezala preko »interface« enote s procesnim računalnikom DIGITAL PDP-9, firme Digital Equipment Corporation Maynard. Razvila sta serijo ustreznih računalniških programov. V zadnjih letih sta s sodelavci sistem izpopolnila^{74, 84} in v letu 1974 je bil v sistem vključen novi Quantimet 720 IMANCO s konfiguracijo na sliki 18, katerega so povezali z istim računalnikom preko novega, močno izpopolnjenega »interface« sistema.

tizacije meritev sta že pred leti izvedla Hougardy in Rose⁷⁷ na Max Planck Institutu v Düsseldorfu. Uporabila sta osnovni sistem Quantimet B firme Metals Research Ltd.¹²⁶, pri čemer sta standardni vgrajeni mikroskop zamenjala z mikroskopom večje zmogljivosti, na katerega sta neposredno montirala TV kamero. Ta merilni sistem sta povezala preko »interface« enote s procesnim računalnikom DIGITAL PDP-9, firme Digital Equipment Corporation Maynard. Razvila sta serijo ustreznih računalniških programov. V zadnjih letih sta s sodelavci sistem izpopolnila^{74, 84} in v letu 1974 je bil v sistem vključen novi Quantimet 720 IMANCO s konfiguracijo na sliki 18, katerega so povezali z istim računalnikom preko novega, močno izpopolnjenega »interface« sistema.

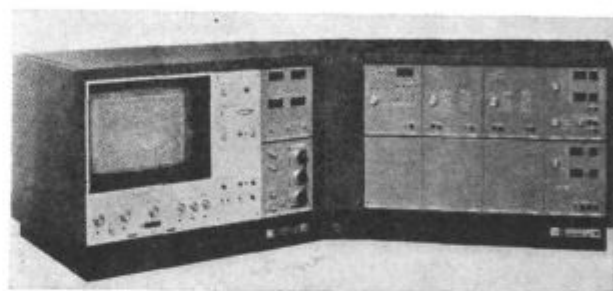


Slika 16
Porazdelitve dolžin presečnic v dvofazni trakasti strukturi
brzoreznega jekla, tipa 6-5-2⁸⁵.

Fig. 16
Distribution of lengths of intersection lines in the two-
phase band structure of high-speed steel, type 6-5-2⁸⁵.



Slika 17
Porazdelitev slike 16 v verjetnostni mreži.
Fig. 17
Distribution on Figure 16 in the probability net.



Slika 18
IMANCO QUANTIMET 720 v konfiguraciji, kakršna je bila
uporabljena pri kasneje opisanih praktičnih meritvah.
Na to osnovno enoto je vezan klasičen mikroskop velike
zmogljivosti s televizijsko snemalno kamero in avtomatsko
manipulacijo. Quantimet je vezan na ustrezen procesni
računalnik.

Fig. 18
IMANCO QUANTIMET 720 in the set-up used for later
described practical measurements.
Usual optical microscope with high resolution power, with
a TV camera and an automatic manipulation is connected
to the basic unit. Quantimet is connected to a suitable
process computer.

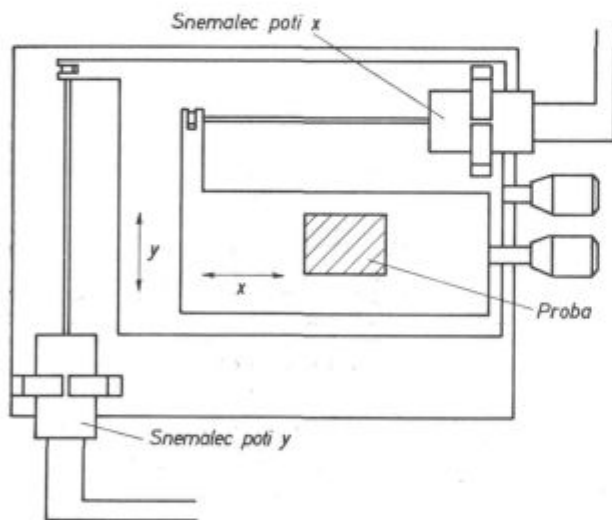
Proizvajalci kvantitativnih mikroskopov so že izkoristili mnogo takih raziskovalno-razvojnih dosežkov in svoje aparate v zadnjih letih močno izpopolnili. Tako imajo najnovejši kvantitativni mikroskopi že v komercialni izvedbi za osnovo mikroskope visoke kakovosti z avtomatizirano manipulacijo. Za osnovna izrednotenja meritev imajo že vgrajene manjše računalnike, poleg tega pa imajo direktne izhodne enote prirejene za povezavo z zmogljivejšim računalniškim sistemom.

V nadaljevanju bodo podani principi delovanja takega sistema za avtomatizirano kvantitativno mikroskopiranje. Moramo pa ob tem posebej poudariti, da je kvantitativna metalografija res dosegla visoko stopnjo razvoja, ki že odpira pota novi raziskovalni dejavnosti in učinkovitejšemu razvoju specialnih jekel in zlitin na osnovi vse boljšega obvladanja korelacij med strukturo in uporabnimi lastnostmi. Pretežno pa je — ne samo zaradi dragih aparatov — uporaba kvantitativne metalografije le še omejena na področje razisko-

valne dejavnosti, medtem ko je kontrola kakovosti še vedno vezana na metalografa in standardne primerjalne tabele, z izjemo ožjih specializiranih področij, za katera so celo že v prodaji posebej prilagojene kompletne aparature. Potrebno bo še mnogo raziskav, preden bomo klasične metalografske preiskave v kontroli kakovosti lahko nadomestili z objektivnejšimi, avtomatiziranimi in zanesljivimi meritvami.

Avtomatično krmiljenje mizice mikroskopa in nastavljanje ostrine²⁴

V primerjavi z običajnim krmiljenjem mikroskopske mizice s koračnimi stikali, je krmiljenje položaja preizkušanca z induktivnim snemalcem poti natančnejše in preprostejše. Čim manj naj bo dodatnih mehanskih delov. Ker se položaj preizkušanca meri neposredno na držalu objektiva, odpadejo napake nastavitve zaradi mrtvega hoda navojev. Vsak najmanjši premik preizkušanca se izraža s spremembo napetosti na izhodu snemalca poti. Mizica se pomika s pomočjo nastavitve finega pomika, povezanega z motorčkom, ki ga vklaplja in izklaplja računalnik. Slika 19 prikazuje shemo krmiljenja mikroskopske mizice.

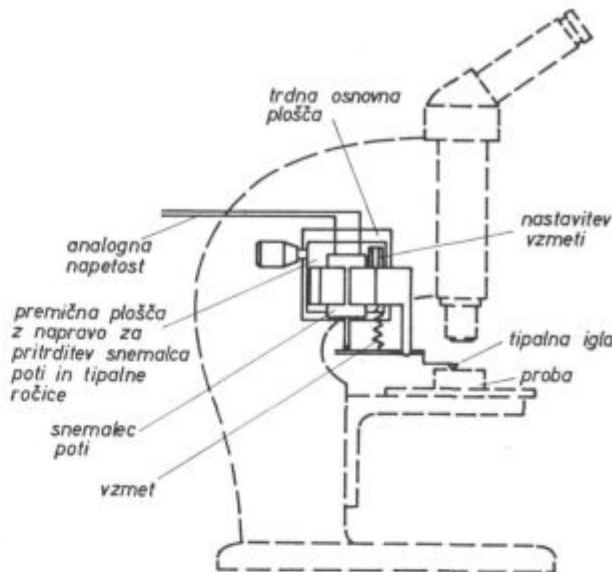


Slika 19
Krmiljenje mikroskopske mizice²⁴.

Fig. 19
Regulation of the microscope table²⁴.

Preizkušaneč je pritrjen v držalu, ki se pomika v x in y smeri. Prav tako se preizkušaneč lahko regulirano pomika v z-smeri navzgor in navzdol. Slika ostane ostra, če je razdalja med površino obrusa in objektivom konstantna. Pomikanje površine obrusa se preko tipalne igle prenaša na feritno jedro snemalca poti, tako da lahko merimo razdaljo med objektivom in površino obrusa. Tipalna igla se lahko izmenjava in je prilagojena posameznim objektivom (slika 20).

Vsakovratnemu položaju mikroskopske mizice (xy) ustrezajoča izhodna napetost snemalca poti

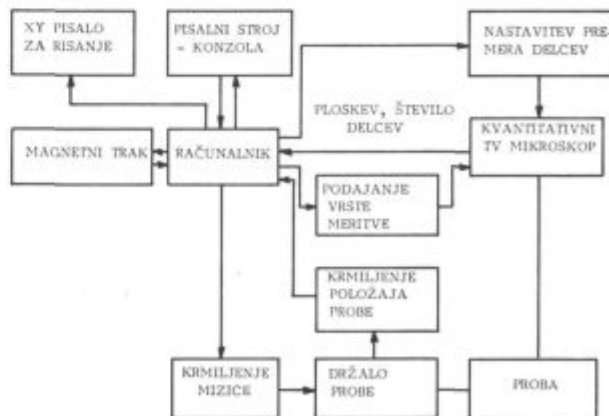


Slika 20
Shema naprave za nastavljanje ostrine na mikroskopu²⁴.

Fig. 20
Scheme of arrangement for adjusting edge on microscope²⁴.

pride preko prilagojevalnega stikala na preklopnik merilnega mesta k analogno digitalnemu konverterju in od tam k računalniku. Ta povezava je v poenostavljeni obliki razvidna iz blok sheme na sliki 21.

Največje možne poti mikroskopske mizice, ki so omejene z občutljivostjo analogno-digitalnega konverterja (sprememba 1 Bit za 2,5 mV spremembe napetosti), kakor tudi z delovnim področjem snemalca poti, znašajo 3 cm pri najmanjšem še merljivem premiku 1 μ m. Obstaja pač možnost, da pri delu z velikimi povečavami izhodno napetost snemalca poti v x smeri 5-krat pojačamo. S tem bo sicer delovno področje snemalca poti omejeno na 0,6 cm, pač pa je na ta način mogoče nastaviti zelo majhne poti na preizkušaneču 0,2 μ m



Slika 21
Blok shema poti merilnih in krmilnih signalov²⁴.

Fig. 21
Paths of measuring and controlling signals²⁴.

z zadovoljivo natančnostjo. Ta naprava deluje na Max Planck inštitutu v Düsseldorfu od sredine 1969. leta brezhibno.

Krmiljenje »Quantimeta« in registriranje merjenih vrednosti z računalnikom:

»Quantimet« ima stikalo za nastavitve osnovnih merilnih načinov, z ozirom na željeno vrsto uporabe aparata za merjenje ploskev, števila in projekcij delcev. Na os tega stikala so pritrjili preklopni motorček.

Določevanje porazdelitve velikosti premerov najmanjših še upoštevanih delcev je mogoče nastaviti s položajem »Minimum Chord Potentiometers«. Sam način meritve podrobneje opisujejo Rose, Mathesius in Hougardy^{80, 122}.

Računalnik ne sprejema analogne napetosti od merilnega instrumenta Quantimeta, ampak se merilne vrednosti neposredno pred integracijsko stopnjo Quantimeta posnamejo v obliki impulzov. Ti impulzi se integrirajo v impulzno napetostnih pretvornikih. Meritve so optimirane na osnovi prilagoditve merilnim pogojem. Tako na primer pri načinu meritev »merjenje ploščin« pri merilnem polju, velikosti 20 cm × 20 cm, na zaslonu pri 100 % ploskve analogno digitalni konverter doseže polno umeritev. Pri večjih merilnih poljih nastane nadnapetost, kar program pokaže operaterju. Pri zelo majhnih merilnih poljih bo napetost 100 % ploskve odgovarjajoče majhna, tako da se število digitalnih korakov na odstotek površine zmanjšuje in bo s tem natančnost merjenja manjša.

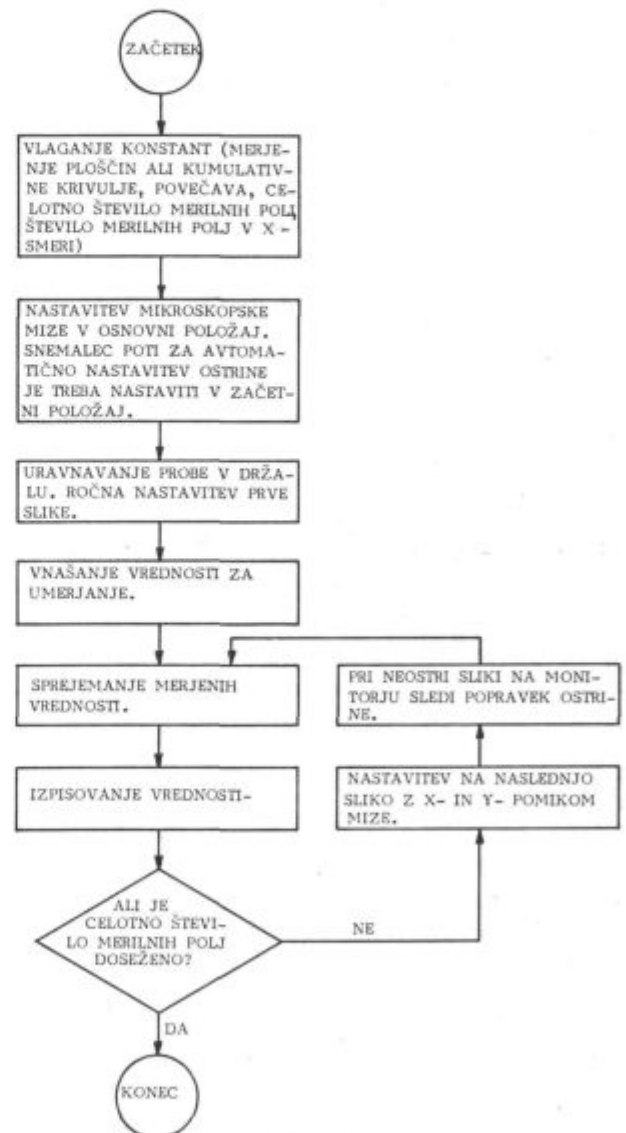
Pri načinu merjenja »štetje delcev« bo pri 35 delcih na merilno polje dosežena največja izhodna napetost. Večje število delcev povzroča povečanje napetosti preko merilnega območja, kar pokaže program. Če je v enem merilnem polju več kot 35 delcev, je treba povečati povečavo toliko, da v toku poizkusa ne bomo prekoračili 35 delcev na merilno polje.

Na ta način dobljene analogne vrednosti napetosti preko preklopnega stikala merilnega položaja privedemo na analogno digitalni konverter in nato na računalnik za nadaljnjo obdelavo in shranjevanje.

Zajemanje merjenih vrednosti^{74, 84}:

Programi za snemanje in iz vrednotenje merjenih vrednosti so napisani v tako imenovanem Assembler - jeziku MACRO 9 uporabljanega računalnika PDP 9. Samo za numerične izračune so uporabljeni podprogrami v jeziku Fortran IV. Program zajemanja in vrednotenja podatkov obsega vključno Fortran — podrutine ca. 6000 posameznih navodil. Začne se z dialogom, v katerem se določi vrsta sprejemanja meritev. To so na primer vprašanja o osnovni vrsti meritve, povečavi, obseženi dolžini poti in številu slik. Shranjevalci podatkov so organizirani tako, da vsakokrat dva bloka

po 240 besed tvorita eno enoto. Vsak od teh blokov ima skupino 15 besed, ki obsegajo v dialogu z računalnikom določene informacije, in konstante, potrebne za sprejemanje merjenih vrednosti in iz vrednotenje. Dodatne informacije se lahko vnašajo preko stikalne plošče in konzole računalnika. Glavne korake dialoga podaja slika 22. Poleg vpraševanja po konstantah so podane tudi zahteve za določene nastavitve na aparatih. S tem naj bi preprečili, da bi bile zaradi napake pri uporabljanju aparatov meritve neuporabne. Po vsaki taki zahtevi se program ustavi, dokler operater ne pritisne stikala »continue« in s tem potrdi, da je nastavitev pravilna. V nadaljnjem bodo samo tisti deli programa, ki so najpomembnejši, na kratko dodatno opisani.



Slika 22

Shema poteka za sprejemanje in shranjevanje merjenih vrednosti.

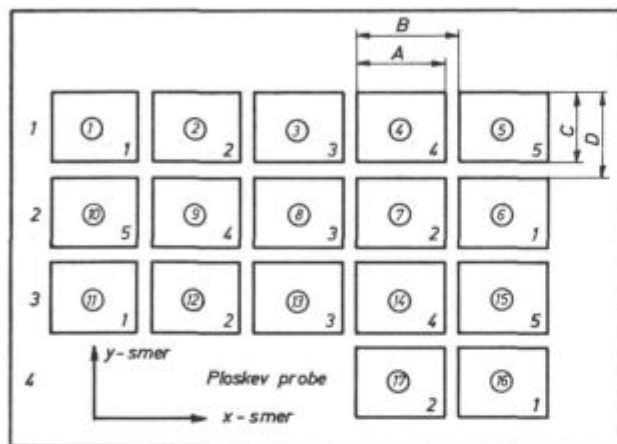
Fig. 22

Scheme of courses for reception and storage of measured values⁸⁴.

Določitev preiskovanja probe

Po odgovorih na ustrezna vprašanja v dialogu z računalnikom lahko izberemo najprimernejšo obliko rastriranja preizkušanca. Izbrani način določimo v programiranem dialogu računalnika s pomočjo konstant, podanih na slikah 23 in 24, ki prikazujeta možnosti razporeditve merilnih polj na preizkušancu.

Slika 23 prikazuje shemo običajnega rastriranja preiskovane ploskve preizkušanca pri meritvah s Quantimetom.



- ① Celotno število slik
- 1,2,5 Številka slike v x-smeri v eni slikovni vrsti
- A Dolžina slike v x-smeri
- B Razdalja slik v x-smeri
- C Širina slike v y-smeri
- D Razdalja slik v y-smeri

Slika 23

Shema razdelitve merilnih polj na ploskvi preizkušanca⁷⁴.

Fig. 23

Scheme of distribution of measuring fields on the probe⁷⁴.

Velikost merilnega polja se določi pred začetkom meritev na zaslonu kvantitativnega TV mikroskopa in je podana s konstantama A in C. Položaj merilnih polj je podan v računalniku s konstantama B in D. Če je $A = B$ in $C = D$, je ploskev zaprta.

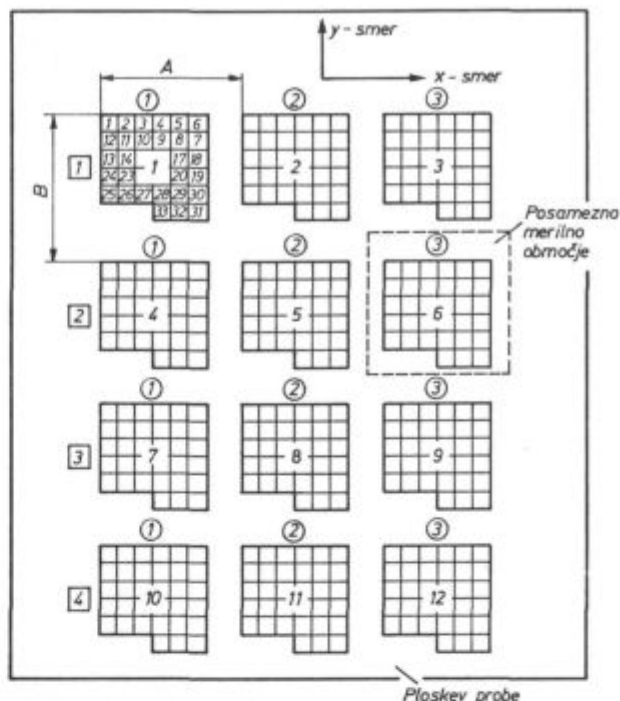
Pri obsežnejših meritvah je mogoče celotno ploskev preizkušanca razdeliti na posamezna merilna območja, kakor kaže slika 24.

Pri statističnih preiskavah je mogoče polja izbrati tudi na osnovi slučajnostnih števil.

Po pregledu vnaprej določenega števila merilnih polj se preizkus avtomatično zaključuje.

Izbira ustrezne povečave

Pred začetkom poizkusa je treba za vsakokratno meritev določiti najprimernejšo povečavo mikroskopa s kombinacijo objektiv in okularja. Pripadajoča lastna povečava je podana v dialogu, nakar računalnik izračuna in izpiše efektivno



- A = Razdalja merilnih območij v x-smeri
- B = Razdalja merilnih območij v y-smeri
- ①,...,③ = Število merilnih območij v x-smeri
- ①,...,④ = Število merilnih območij v y-smeri
- 1,2,...,12 = Celotno število merilnih območij

Slika 24

Razdelitev celotne ploskve preizkušanca na posamezna merilna območja⁷⁴.

Fig. 24

Partition of the total probe area on single measuring regions⁷⁴.

celotno povečavo z upoštevanjem dolžine tubusa in elektronske dodatne povečave. Dalje določi računalnik z upoštevanjem sposobnosti uporabljene objektivne premer najmanjšega delca, ki ga še zaznavamo.

Določitev premera najmanjšega merljivega delca⁷⁴

Delec mora imeti na monitorju premer najmanj ca. 3 mm, da bi dobili v elektronskem sistemu kvantitativnega mikroskopa registrirano merjeno vrednost. Za merjenje najmanjšega delca, ki ga z optičnim mikroskopom še razločimo, moramo v sistemu kvantitativnega mikroskopa izbrati povečavo tako, da bo delec s premerom $0,175 \mu\text{m}$ v naravni velikosti (t. j. teoretična sposobnost ločljivosti optičnega mikroskopa pri uporabi zelene svetlobe) na TV zaslonu dosegel premer 3 mm. Za to potrebna povečava je torej

$$\frac{3000 \mu\text{m}}{0,175 \mu\text{m}} = 17000 \times$$

Kot maksimalno uporabno povečavo na TV sistemu lahko računamo največ $12000 \times$, ker je pri

večjih povečavah mogoče doseči zadovoljivo ostrino samo na manjšem izrezu slike na zaslonu. Tako ima najmanjši merljivi delec teoretično premer

$$\frac{17000}{12000} \cdot 0,175 \mu\text{m} = 0,25 \mu\text{m}.$$

Delce s premerom, večjim od $0,3 \mu\text{m}$, že lahko zanesljivo merimo.

Operater lahko v dialogu računalniku vnaprej poda premer najmanjšega delca, ki naj ga še upoštevamo. Ker so v spominu računalnika shranjeni vsi potrebni podatki, računalnik za postavljeno zahtevo določi objektiv in okular, ki naj ga uporabimo, in ta odgovor tudi v protokolu dialoga zapiše.

Pri teh meritvah moramo razlikovati dva pojma: »upoštevani delci« in »merjeni delci«. Merjen je tisti del delca, ki je markiran z nastavitveno vrednostjo (Schwellwert, Threshold). Pri tem gre za umeritev pred začetkom merjenja z nastavitvijo nivoja sive vrednosti, ki odloča o elektronskem zaznavanju temno jedkane faze na TV zaslonu. Pri velikih razlikah premerov merjenih delcev pride lahko v zvezi s tem do velikih napak, o čemer več poročamo na drugih mestih.

Nastavitev mikroskopa

Ko so računalniku podane konstante poizkusa, preidemo na pripravo za meritev z avtomatično regulacijo ostrine in nastavimo začetni položaj. Nato vključi računalnik avtomatično sistem za krmiljenje pomika mizice v x in y smeri, tako da se mikroskopska mizica pomakne v njen začetni položaj.

S premikom obrusa lahko operater sedaj nastavi želeno merilno cono. Nato eventualno na zaslonu korigiramo nastavitev ostrine in nastavitev zelene velikosti polja. Sledi kontrola občutljivosti in ostrine. Do tu je nastavitev in program za vse vrste registriranja enak. Naprej pa nastopajo razlike glede na vrsto merjenih količin. Potek programa se ureja s položaji stikal na komandni plošči.

Obdelava podatkov meritve⁸⁴

Program za iz vrednotenje podatkov se začne tako kakor program za zajemanje podatkov z dialogom, s katerim se določi način iz vrednotenja. K temu pripadajo na primer vprašanja o merilu in razdelitvi osi za grafično prikazovanje, kakor tudi širine intervalov za krivulje porazdelitev. Te informacije se podajajo s pomočjo stikal, ki se v toku odvijanja programa na določenih točkah poteka programa uporabljajo. Kot prvi delni korak se vse merjene vrednosti preračunajo v pripadajoče analogne napetosti. Iz teh vrednosti se določijo konstante za umerjanje premerov ali števil delcev in deležev ploščin posameznih faz.



Slika 25

Shema poteka obdelave in izpisa merjenih vrednosti.

Fig. 25

Scheme of treatment and expunging of measured values.

Najvažnejši koraki programov za obdelavo podatkov so podani na sliki 25.

Merjene vrednosti za deleže ploščin lahko kot posamezne vrednosti ali pa kot srednje vrednosti kadar koli v toku zajemanja merjenih vrednosti izpisujemo.

PROBLEMI KVANTITATIVNE METALOGRAFIJE NA DANASJNI STOPNJI RAZVOJA

Avtomatizacija pri kvantitativni mikroskopiji omogoča meritve številnih parametrov mikrostrukture z zelo kratkim časom in z razmeroma veliko zanesljivostjo. Te možnosti in najnovejši razvoj na teoretičnem področju stereometrične analize predstavljajo pomemben napredek v znanosti materialov. Seveda pa je še mnogo problemov nerešenih in v nadaljnjem bomo najpomembnejše nekoliko podrobneje opisali.

Zagotavljanje kontrasta

Prvi problem predstavlja vsekakor jedkanje. Jedkala in metode jedkanja, ki se uporabljajo običajno v metalografskih laboratorijih in omogočajo zadosten kontrast med različnimi fazami za običajno opazovanje, večkrat ne dajejo zadostnih kontrastov za avtomatsko merjenje in snemanje s televizijsko kamero.

Pri razvoju kvantitativne metalografije z avtomatskim merjenjem se je pokazala potreba po bistvenih izpopolnitvah metod jedkanja. Zato pa moramo biti na današnji stopnji razvoja kvantitativne metalografije še dokaj previdni in kritični. Zaupamo lahko le meritvam tistih faz, pri katerih lahko z jedkanjem zagotovimo zadosten kontrast, kakršnega zahteva televizijski sistem. Tak primer so vsekakor karbidi v orodnih jeklih.

Različne orientacije in različne nianse, s katerimi se lahko pojavlja ista faza, lahko povzročajo v določenih primerih velike težave ali pa zaradi napačnih registriranj meritve te vrste praktično onemogočajo. Precej je težav pri meritvah velikosti zrna, kjer je še mnogo problemov nerešenih v zvezi z ugotovitvijo, da avtomat danes še ne more v celoti zamenjati metalografa.

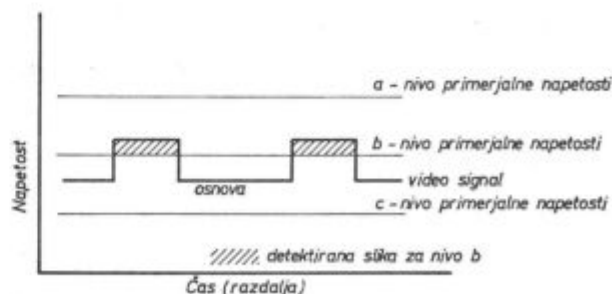
Na številne možne napake kvantitativne mikroskopije opozarja predvsem Hougardy⁷⁹ na podlagi bogatih izkušenj. V svojem delu podaja opis razvoja aparatov za kvantitativno metalografijo v zadnjih treh letih, kar ob izredno hitrem napredku predstavlja povsem zadostno obdobje.

Utemeljena je ugotovitev, da so naprave za kvantitativno metalografijo odprle nova pomembna pota razvoja, imajo pa seveda tudi precej slabih strani. Vsaka od teh aparatov ima številne gumbice in stikala za optimalno nastavitvev, kar je vse zelo dobrodošlo pri raziskovalnih preiskavah, pri rutinski kontroli kakovosti pa je glavna slaba stran teh širokih možnosti umerjanj in nastavitvev v tem,

da lahko neusposobljen in neizkušen operater povzroči napake, ki so lahko večje od 100 %, samo z nepravilno umeritvijo in nastavitvijo mnogih spremenljivk.

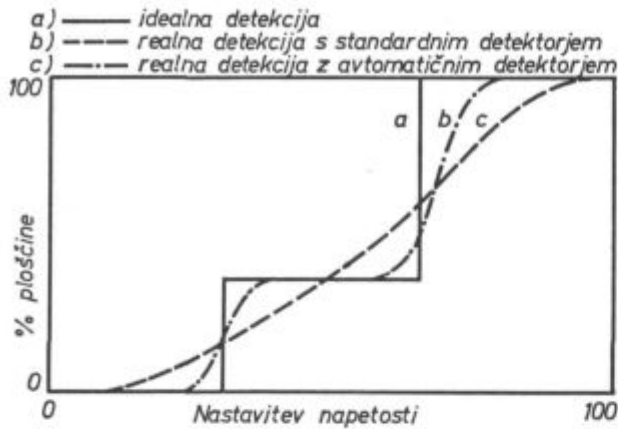
Pri ročni kvantitativni slikovni analizi detektiranje struktur ne predstavlja problemov, ker človek — metalograf lahko strukture odlično razpozna in med seboj razločuje. Meritve in izračuni zbranih podatkov pa predstavljajo veliko porabo časa in so v mnogih primerih celo nemogoče. Pri avtomatskih kvantitativnih slikovnih analizah pa velika hitrost meritev in obdelave podatkov ne predstavljajo problema, pač pa je pri tem pravilno detektiranje struktur zelo težavno. Zaradi tega predstavlja uporaba polavtomatskih naprav često najboljšo izbiro, ker pri tem ročno spoznavamo in izbiramo vzorec, avtomatsko pa izvajamo meritve in obdelavo podatkov. Večina avtomatskih aparatov ima modul, ki dopušča tudi polavtomatsko delovanje. Seveda gre razvoj z izpopolnjevanjem delovanja aparatov in postopnim odstranjevanjem ali zmanjševanjem napak v smeri povečevanja uporabe avtomatskih naprav.

Avtomatska detekcija se običajno izvaja na osnovi diskriminacije intenzitete video signala. Na sliki 26 je podana idealna napetost video signala za eno scanning linijo. Na tej liniji sta dve sliki, ki sta označeni z višjo napetostjo kot osnova. Pri merjenju ploščine npr. merimo čas, v toku katerega je video signal višji kot pri začetni nastavljeni napetosti. Če je nastavitvena napetost na nivoju a, ne bomo ničesar detektirali. Pri nastavitvi na nivoju b bodo slike pravilno detektirane in izmerjena ploščina bo pravilna. Pri nastavitvi na nivoju c bodo detektirani vsi delci določene faze skupaj z osnovo in izmerili bomo celotno ploskev merilnega polja. Zato se ploskev kot procentualni delež celotnega merilnega polja spreminja z nastavitvijo napetosti, kakor prikazuje slika 27 s krivuljo a. Žal pa je realna krivulja, ki jo merimo s standardnim detektorjem, prikazana s krivuljo b, iz katere pa ne moremo dobiti kriterija za pravilno nastavitvev napetosti. Zato lahko pravilno nastavitvev izvršimo samo z vizuelno primerjavo originalne in detektirane slike na moni-



Slika 26
Idealni video signal in detekcija⁷⁹.
Fig. 26
Ideal video signal and detection⁷⁹.

torju. To pa ne omogoča visoke stopnje natančnosti in avtomatizacije ter je nastavitev izrazito subjektivna.



Slika 27
Idealna in realna detekcija⁷⁹.

Fig. 27
Ideal and real detection⁷⁹.

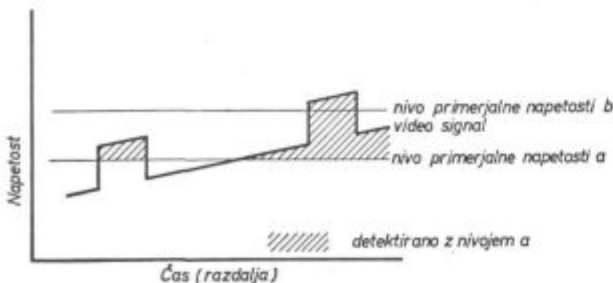
Razlika med krivuljama a in b na sliki 27 je povzročena s senčenjem, s spremembo v modulaciji s prenosom frekvence in končne velikosti slikovne točke.

Senčenje

Senčenje je sprememba v video napetosti, ki ustreza osnovi s pozicijo slike, kakor je prikazana na sliki 28. Vidimo, da ni mogoče nastaviti takega nivoja napetosti, ki bi omogočil pravilno detekcijo, kakor na sliki 26. Ali je detektirana osnova (nivo a), ali pa je ena slika izgubljena (nivo b)?

Izvori senčenja so naslednji:

1. Neenakomerna občutljivost kamere. Senčenje lahko zmanjšamo z ustrezno izbiro cevi za kamero, dandanes pa tega še ne moremo popolnoma eliminirati.
2. Neenakomerna osvetlitev fotografije v epidiaskopu ali vzorca na mikroskopu. Senčenju se lahko izognemo s pazljivo osvetlitvijo, vendar je v praksi zelo težko nastaviti



Slika 28
Nepravilna detekcija zaradi močnega senčenja⁷⁹.

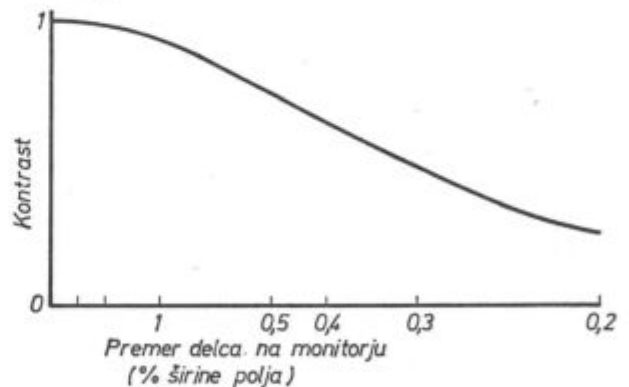
Fig. 28
Wrong detection because of heavy shading⁷⁹.

osvetlitev do takega nivoja enakomernosti, kakršnega bi zahteval visok nivo diskriminacijske sposobnosti sistema. Zato bi bilo treba izdelati foto posnetke in jih preizkusiti, ker je film mnogo bolj občutljiv na neenakomernost osvetlitve kot človeško oko. Neenakomerna osvetlitev omogoča relativne razlike meritev 10 % in več.

3. Neenakomerna refleksija vzorca. Ta vpliv senčenja lahko povzroča priprava obrusov. Zelo težko je npr. jedkati veliko ploskev metalografskega obrusa popolnoma enakomerno.

Zaradi različnih virov senčenja ni mogoče dobiti video signala, kakršen je prikazan na sliki 26. Nekatere naprave, kot so npr. Micro — Videomat, firme Zeiss, in Quantimet 720, firme Imanco, imajo korektor senčenja. Napake 1 in 2 se lahko odstranijo, če ne presegajo določene meje. Napako 3 prav tako lahko korigiramo za eno vidno polje. Quantimet 720 izkorišča za korekture video signala tudi digitalni spomin, ki ga lahko napolnimo s porazdelitvijo občutljivosti vzorcev z enakomerno refleksijo.

Drugo pot za zmanjševanje napak senčenja pa predstavljajo specialni detektorji. Precejšnja napaka v detekciji tako imenovanega sivega nivoja izhaja iz samega prenosa informacije. Osnovni zakon v teoriji informacij je, da se z naraščajočo frekvenco modulacija zmanjšuje. Za slikovne analize je to prikazano na sliki 29, ki podaja tako imenovano funkcijo modulacije prenosa za TV scannerje.

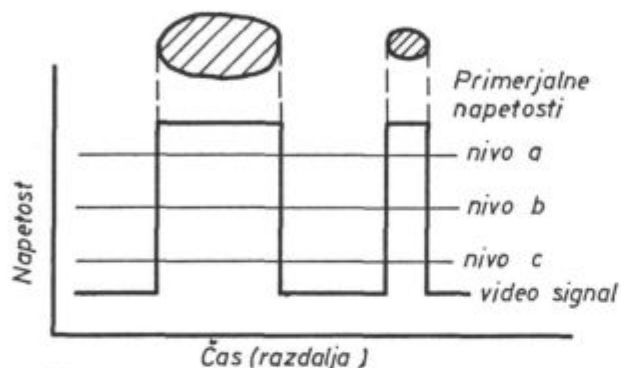


Slika 29
Funkcija modulacije prenosa za TV sistem.

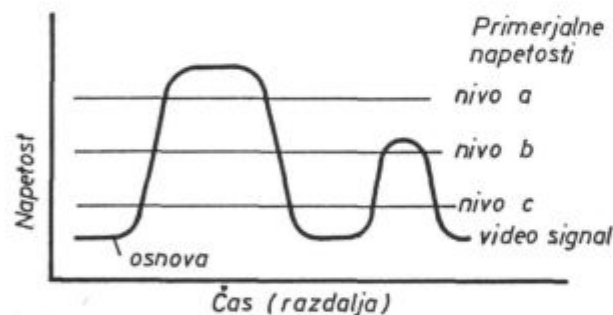
Fig. 29
Function of modulation in transmission to TV system.

Za enako razliko v svetlobni intenziteti med slikovnimi deli in ozadjem amplituda video signala pada s padajočo velikostjo slikovnih delov. Tako dobimo namesto idealnega signala slike 30 A realni signal, ki je nekako shematsko prikazan na sliki 30 B. Maksimalna amplituda za majhne dele je manjša kot za velike. Rob slikovnega dela je podan na sliki 30 A ustrezno neskončni frekvenci, ki tako zmanjša amplitudo na robu. Dodatno k temu elek-

tronski snop cevi, uporabljene za raster, poseduje končni premer, ki zaokrožuje robove, kakor prikazuje slika 30 B. Kot rezultat je detekcija in z njo dolžina presekov slikovnih delov odvisna od nastavitvene napetosti. Če je nastavitvena napetost podana z nivojem a v sliki 30, majhni delci ne bodo detektirani. Če pa izboljšamo detekcijo majhnih delcev z izbiro nivoja b ali c, pa bo povečana presečna dolžina pri velikih. Ti vplivi lahko povzročajo napake v določevanju ploščinskih deležev za več kot 100 %, kar pa ni tipično samo za TV sisteme, ampak tudi za aparature, ki uporabljajo foto detektorje.



A)



B)

Slika 30

Idealni in realni video signal za velik in majhen delec

A) idealni video signal

B) realni video signal.

Fig. 30

Ideal and real video signal for a big and small particle

A. Ideal video signal, B. real video signal.

Da bi zmanjšali te napake, so bili razviti tako imenovani avtomatski detektorji.

Meritve so pokazale, da ploskve s premerom 4,5 mm na zaslonu merimo z napako $\pm 6\%$. Čim manjši so delci, tem večja je napaka in pri zelo majhnih je lahko napaka 100 do 200 %.

Prednost najnovjših avtomatskih detektorjev je v tem, da se približujejo krivulji c na sliki 27. Pri avtomatskih detektorjih je iz krivulje mogoče presoditi položaj pravilne primerjalne napetosti. Glavna prednost pri tem pa je v izboljšanju detekcije majhnih ploskev poleg velikih. Seveda mora

imeti najmanjši del slike, ki ga merimo z natančnostjo 10 %, dimenzije najmanj 10 slikovnih točk.

Seveda pa so vsi ti napredki v detekciji samo del naporov za zmanjšanje napak pri merjenju — tisti, za katerega so odgovorni proizvajalci naprav. Uporabnik mora prispevati svoj delež, ki je čisto še precej večji, z napredkom v pripravi obrusov in z zagotavljanjem homogenega kontrasta.

Danes je razvoj dosegel tako stopnjo, da v aparaturah ni pričakovati bistvenih novosti v nekaj naslednjih letih. Vsi naporji so usmerjeni v izboljševanje in povečevanje zanesljivosti sedanjih aparatov. Zato je danes odločilna pravilna uporaba razpoložljivih aparatov.

Nadaljnji napredek v bližnji bodočnosti bo imel težišče pri uporabnikih teh aparatov, seveda bolj ali manj v ozkem sodelovanju s proizvajalci. Treba bo razviti in izpopolniti metode priprave vzorcev, ki bodo zagotavljale zadosten kontrast za detekcijo.

Izvedniti bo treba sposobnosti in omejitve za spoznavanje vzorcev slikovnih delcev pri specialni uporabi in točno bo treba definirati parametre specialnih slikovnih delcev, ki morajo biti merjeni v odnosu s fizikalnimi lastnostmi. Povratne informacije od uporabnika k proizvajalcu bodo v tem razvoju odločilne.

Zaključki

Članek obravnava doslej publicirane možnosti in metodiko kvantitativne metalografije na današnji stopnji razvoja, ki odpira nove možnosti pri raziskavah lastnosti jekel v odvisnosti od njihove mikrostrukture.

Učinkovita uporaba kvantitativne mikroskopije je praktično mogoča le v povezavi kvantitativnega mikroskopa z ustreznim računalnikom, ki prihrani mnogo časa pri meritvah in izvednotenju, obenem pa lahko tudi krmili izvajanje meritev po ustreznem programu. S polavtomatiziranim ali polno avtomatiziranim delovanjem lahko izvršimo toliko meritev, da zanesljivo karakteriziramo značilnosti mikrostrukture. Kriteriji za karakteriziranje mikrostruktur doslej, razen v nekaterih izjemnih primerih, še niso poznani, tako da bi jih lahko enotno uporabljali pri povezovanju z uporabnimi lastnostmi jekel.

Meritve so izpostavljene nevarnostim napak, ki so podrobneje obravnavane, da bi jih lahko upoštevali, odpravljali ali vsaj delno kompenzirali.

Pri povezavi z računalnikom je mogoče med samim izvajanjem upoštevati zanesljivost podatkov in nekatere sistematične napake odpraviti ali vsaj zmanjšati.

Medtem ko je v tem članku podan le splošen pregled literature o razvoju in današnjih možnostih kvantitativne metalografije, bodo v nadaljevanju tega članka obravnavane praktične izkušnje pri raziskavah ledeburitnih orodnih jekel in rezultati lastnih meritev.

Literatura

- Izvleček literature projekta »Raziskave ledeburitnih orodnih jekel« za področje kvantitativne metalografije:
1. Alatni čelici za rad u hladnom stanju, Katalog Zelezarne Ravne — izdaja 1974.
 9. Rose A.: Konstitution und Eigenschaften der Werkzeugstähle AMAX — Climax Molybdenum Co. Symposium: Die Verfestigung von Stahl, Zürich 5.—6. 5. 1969., str. 135—145.
 69. Modin H., S. Modin: Metallurgical microscopy str. 148—180, 5. pogl. — Quantitative microscopy. London Butterworths, 1973.
 71. Dudek M. B., W. Knorr, H. P. Hougardy, A. Rose: Quantitative **Metallographie Verfahren** und betriebliche Erfahrungen. Verlag Stahleisen, Düsseldorf, 1970. Neuere metallkundliche Untersuchungsverfahren, poglavje 6., str. 67—77.
 72. Exner H. E.: Quantitative Metallographie — Statistische Grundlagen und Verteilungsanalyse. Verlag Stahleisen, Düsseldorf, 1970. Neuere metallkundliche Untersuchungsverfahren, pogl. 7, str. 78—97.
 74. Grefen K.: Beitrag zur quantitativen Bestimmung des Stahlgefüges — insbesondere in Werkzeugstählen. Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität (Hannover); 1971, str. 1—81 + priloge (doktorska disertacija)
 77. Hougardy H. P., A. Rose: Quantitative Image Analysis in the Field of Commercial Metallic Materials. The Microscope, 19 (1971) s. 31/9
 78. Vodopivec F.: Sodobne metode metalografske preiskave in smeri njihovega razvoja. Zelezarski zbornik, IV (1970) 4, str. 1—10.
 79. Hougardy H. P.: Instrumentation in Automatic Image Analysis Microscope, (1974) 22, str. 5—26.
 80. Rose A., H. A. Mathesius, H. P. Hougardy: Karbidmengen und ihre örtliche Verteilung in Werkzeugstählen. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 38 (1967) 6, Juni, str. 460—463.
 81. Rose A., H. A. Mathesius, H. P. Hougardy: Messung von Karbidmengen und Größenverteilungen der Karbide in einigen Werkzeugstählen mit dem quantitativen Fernsch — mikroskop. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 40 (1969) 4, April, str. 323—331.
 82. Rose A.: Karbidzeilen in Werkzeugstählen. Kleipzig Fachberichte, 77 (1969) 8, August, str. 503-509
 83. Bühler H., F. Pollmar, A. Rose: Einfluss von Werkzeugstoff und seiner Wärmebehandlung auf das Schneiden von Feinblech. Archiv für Eisenhüttenwesen, 41 (1970) 10, Oktober, str. 989—996
 84. Grefen K., H. P. Hougardy, A. Rose: Ein digitales Messsystem zur Gefügebildanalyse mit Quantitativen Fernschmikroskopen. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 45 (1974) 2, Februar, str. 137—144
 85. Kulmburg A.: Beitrag zur Kennzeichnung der Karbidverteilung in ledeburitischen Stählen mit Hilfe der stereometrischen Analyse. Praktische Metallographie, 10 (1973), str. 183—209.
 121. Rose A., H. A. Mathesius: Berg und Hüttenmännische Monatshefte 109 (1964), str. 135—138.
 122. Mathesius H. A.: Karbidmengen und -verteilungen in Werkzeugstählen, gemessen mit dem Quantitativen Fernschmikroskop. Hannover 1967 (Diss. Techn. Univ. Hannover).
 123. Swoboda K., R. Mitsche, H. Malissa: Über die Kennzeichnung von Gefügen durch Angabe der Heterogenität oder der Homogenität. Radex — Rundschau 1966, str. 233—239.
 124. Malissa H., K. Swoboda: Zur Frage der Heterogenität in der metallkundlichen Analyse. Radex — Rundschau 1963, str. 494—498.
 125. Swoboda K., A. Kulmburg, E. Staska: Beitrag zur Erarbeitung von Zahlenwerten zur Kennzeichnung von Gefügen mit Hilfe der stereometrischen Analyse. Praktische Metallographie Sonderband 3 (1972), str. 317—327.
 126. Fischer C., M. Cole: The Metals Research Image Analysing Computer. The Microscope 16 (1968), str. 81-94.
 127. Saltykov S. A.: Stereometrische Metallographic, Leipzig 1974, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
 128. Rodič A., J. Rodič: Brzorezna jekla, I. del: Značilnosti metalografije brzoreznih jekel. Zelezarski zbornik I (1967), št. 3, str. 177—187.
 129. Rodič A., J. Rodič: Brzorezna jekla, II. del: Velikost karbidov v brzoreznih jeklih pred toplotno obdelavo. Zelezarski zbornik II (1968), št. 1, str. 1—20.
 130. Rodič J., A. Rodič: Brzorezna jekla, III. del: Vpliv velikosti karbidov na mehanske in tehnološke lastnosti brzoreznega jekla 6-5-2 (BRM-2). Zelezarski zbornik II (1968) št. 3, str. 165—184.
 131. Rodič A., J. Rodič: Influenza delle dimensioni o della distribuzione dei segregati di carburi sulla proprietà degli acciai rapidi. La metallurgia italiana n. 3 — 1971, str. 112—120.
 132. Segel J.: Vpliv toplotne obdelave na žilavost brzoreznih jekel. Zelezarski zbornik IV (1970), št. 1, str. 39—50
 133. Segel J.: Vpliv hrapavosti površine na udarno žilavost orodnega jekla. Zelezarski zbornik V (1971), št. 4, str. 199—202.
 134. Segel J.: Uporabnost magnetne analize za kontrolo toplotne obdelave brzoreznih jekel. Zelezarski zbornik 6 (1972), št. 3, str. 165—174.
 135. Rodič J. in sodelavci: Raziskave ledeburitnih orodnih jekel. Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani in Zelezarne Ravne — naloga 237, september 1974.
 136. Quantitative Analyse von Gefügen... Sonderbände der Praktischen Metallographie 5; Dr. Riederer-Verlag GmbH, Stuttgart

ZUSAMMENFASSUNG

Im Artikel werden die bisher veröffentlichten Möglichkeiten und die Methodik der quantitativen Metallographie auf dem heutigen Entwicklungsstand behandelt. Durch diese ergeben sich neue Möglichkeiten bei den Untersuchungen der Stahleigenschaften in der Abhängigkeit von deren Gefügebildung.

Eine leistungsfähige Anwendung der quantitativen Mikroskopie ist praktisch nur in der Verbindung des quantitativen Mikroskopes mit dem entsprechenden Computer möglich. Dieser erspart uns viel Zeit bei den Messungen und der Auswertung der Ergebnisse, es kann aber auch selbst die Messungen nach einem entsprechenden Programm führen und regeln. Mit einem halbautomatischen oder vollautomatischen Verfahren kann eine solche Menge von Messungen ausgeführt werden, dass das Mikrogefüge ganz sicher gekennzeichnet werden kann. Die Kriterien für die Kennzeichnung des Mikrogefüges sind bis

jetzt, ausser in einigen Ausnahmefällen, noch nicht bekannt, so dass diese einheitlich bei der Untersuchung der Gebrauchseigenschaften angewendet werden könnten.

Die Messungen sind der Fehlergefahr ausgesetzt, welche näher behandelt werden, um diese zu berücksichtigen, zu beseitigen oder wenigstens teilweise zu kompensieren.

Bei der Verbindung mit dem Computer ist es möglich, während der Ausführung, die Zuverlässigkeit der Daten zu berücksichtigen und einige systematische Fehler zu beseitigen oder wenigstens zu vermindern.

Während in diesem Artikel nur eine Literaturübersicht über die Entwicklung und die heutigen Möglichkeiten der quantitativen Metallographie gegeben wird, werden in der Fortsetzung die praktischen Erfahrungen bei den Untersuchungen der ledeburitischen Werkzeugstähle und die Ergebnisse der eigenen Messungen mitgeteilt.

SUMMARY

Possibility and methods of quantitative metallography at the present stage of development enabling further possibilities in investigations of steel properties which depend on their microstructure, published in various references, are shortly reviewed in the paper.

Effective use of quantitative microscopy is practically possible only if a quantitative microscope is connected to a suitable computer which saves a lot of time needed for measurements and evaluations, and it can also simultaneously regulate the course of measurements according to the prescribed program. Semi-automatic or automatic operation can enable the sufficient number of measurements that characteristics of microstructure can be reliably determined. Criteria for characterization of microstructures are not yet known (with some exceptions) that they

could be uniformly used in analyzing important steel properties.

Measurements are exposed to danger of making errors and it is treated separately in the paper so that they could be taken in to account, possibly avoided, or at least partially compensated.

Connection to the computer enables that reliability of data can be taken in account already during the measurement and thus some systematic errors can be avoided or reduced.

While this paper presents only a general review on development and present possibilities of quantitative metallography, the instalments of the paper will present practical experiences in investigations on ledeburite tool steel and results of own measurements.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены до сих пор опубликованные возможности и метод количественной металлографии в теперешней фазы развития, что открывает новые возможности при исследовании свойств сталей в зависимости от их микроструктуры.

Эффективное употребление количественной микроскопии практически возможна лишь в связи количественного микроскопа с соответствующим счётчиком. Как результат такого сочетания значительная экономия времени при измерении и оценки. Такое сочетание позволяет также выполнять управление измерений по соответственной программе. С автоматическим или полуавтоматическим действием можно выполнить достаточное число измерений, необходимое для того, чтобы дать надёжную характеристику микроструктуры. Критерии для охарактеризования микроструктуры пока ещё, кроме некоторых исключении, не разработаны и поэтому неизвестны. Вследствии этого, пока ещё нет возмож-

ности уникального способа употребления в связи с свойствами которые находятся в применении.

Более подробно подана опасность ошибок при измерении и рассмотрены возможности о их устранению, согласиться на допуск или, в крайней мере, частичной компенсации.

В связи с употреблением счётчика есть возможность во время исполнения учесть надёжность полученных данных, устранить, или, по крайней мере, уменьшить некоторые систематические ошибки.

В прочем, в этой работе подан только общий обзор опубликованной литературы о развитии и нынешних возможностей количественной металлографии но, в продолжении будут рассмотрены практические опыты достижения исследований ледебуритных инструментальных сталей и результаты собственных измерений.

Društvene vesti

Poročilo s V. seje Upravnega odbora ZRGMIT-SRS, dne 22. I. 1975 v Ljubljani

Obravnavali smo:

1. Predlog spremembe Statuta Zveze in uskladitev s Statutom Zveze Jugoslavije. Glavne spremembe so: Dosedanji Občni zbor naj se preimenuje v Skupščino, namesto Upravnega odbora se izvoli Predsedstvo, ki ga sestavljajo: predsednik, podpredsednik, tajnik, blagajnik in delegati podružnic. Predsedstvo izvoli iz svojih vrst Izvršni odbor. Seje Predsedstva naj bi bile dva- do trikrat letno, Izvršnega odbora pa večkrat. Dosedanji Nadzorni odbor se preimenuje v Odbor samoupravne kontrole. Nadaljnji predlog je bil, da se izvoli namesto dosedanjih 3 podpredsednikov samo dva in to za rudarje in metalurge. V ZRGMIT se lahko včlani poleg inženirjev in tehnikov vsak strokovnjak tehničnih ved, ki to želi in ki je povezan z rudarsko, geološko in metalurško stroko. Pri tem je bila pripomba, da bi bilo umestno pritegniti v članstvo absolvente visokih, višjih in srednjih šol naše stroke, kateri bi bili do vstopa v službo oproščeni plačevanja članarine. V prilogi zapisnika so vse podružnice prejele predlog popravljenega Statuta Zveze v razpravo s prošnjo, da dajo pripombe do 1. III. 1975, ker bo Občni zbor 22. III. 1975 v Ljubljani sprejemal predlog Statuta.

2. XVII. Občni zbor ZRGMIT-SRS. Občni zbor oziroma Skupščina je predvidena dne 22. marca 1975 ob »Skoku čez kožo« in rudarsko-metalurško-geološkem posvetovanju. Na Skupščini zastopa podružnice po 1 delegat na 20 članov ter vsako podružnico z manjšim številom članov 1 delegat. V bodoče naj bi pri Zvezi ostale naslednje komisije:

1. za šolstvo in strokovne kadre
2. za posvetovanja, stike s tujino in ekskurzije
3. za terminologijo in tisk
4. za raziskovalno delo, produktivnost dela in varnost pri delu.

Predsedniki posameznih komisij naj bi v bodoče na sestankih jugoslovanske zveze zastopali republiško zvezo in prenašali mišljenje svoje komisije pristojnim komitejem.

3. Ustanovitev ljubljanske podružnice: Podpredsednik Paulin je pojasnil, da na dopis Zveze v letu 1973, ki je bil v obliki ankete poslan vsem podjetjem in ustanovam RGM-stroke v Ljubljani, če žele ustanoviti ljubljansko podružnico, ni bilo odgovora. Zato bi v ljubljansko podružnico zaenkrat zajeli Montanistični oddelek FNT ter Metalurški in Rudarski inštitut. Zveza bi sklicala ustanovitveno skupščino. Po ustanovitvi podružnice bi obvestili vse druge člane v Ljubljani, da se lahko pridružijo ali ustanove svojo podružnico.

4. Kratek pregled finančnega poslovanja v letu 1974:

Za leto 1974 je po računskem zaključku stanje sledeče:

Dohodki:

začetno stanje 1. I. 1974	17.905,82
članarina članov	10.822,40
prispevki podjetij	8.142,—
ostalo (obresti, članske izkaznice)	190,05

skupaj: 37.060,27

Izdatki:

poština	480,—
potnine	66,40
osebni doh. admin.	2.260,—
dajatve	784,70
naročnine revij	6.055,—
najemnina	3.978,45
bančni stroški	21,80
pisarn. potrebščine	1.251,70
ciklostiranje	62,15
diplome čast. zasl. čl.	627,—
razno	56,15

15.643,35

Stanje v banki koncem leta 21.416,92

Razdelitev salda 31. 12. 1974: 37.060,27

Sklad ZRGMIT — članarina	3.372,85
Sklad Rudarsko posvetovanje	5.247,55
Sklad Metalurško posvetovanje	4.161,90
Sklad Nekovinsko posvetovanje	3.708,27
Sklad študijska izmenjava	4.809,86
Sklad za rudarska vprašanja	114,09

21.414,52

in ročna blagajna 2,40

21.416,92

5. Društvene vesti: Upravni odbor smatra, da bi bilo koristno, če bi v bodoče objavljali v društvenih vesteh poročila s sej tudi v reviji »Rudarstvo, geologija i metalurgija« (Beograd).

6. Razno: V teku je popravilo in obnova fasade hiše ZITS na Erjavčevi cesti 15, kjer ima Zveza pisarniške prostore. Stroški obnove so porazdeljeni na vse zveze, ki imajo v hiši svoje prostore. Dosedaj smo plačali v ta namen Din 1.944,—, kar je zajeto v stroških najemnine.

V zvezi s Simpozijem o varnosti pri delu, ki bo na Gorenjskem, je bila pripomba, da bi bilo mogoče umestneje pripraviti tak simpozij pri kakem rudniku, toda končno se je izkazalo, da noben rudnik nima primernih prenočitvenih kapacitet za veliko število udeležencev ter bi bile težave s primerno dvorano.

Dr. ing. Andrej Paulin,
podpredsednik ZRGMIT-SRS

Poročilo z XVII. Občnega zbora ZGRMIT-SRS, ki je bil dne 22. marca 1975 v Ljubljani

Poleg običajnih začetnih formalnostih je obsegal:

Poročilo Predsedstva UO:

- a) Poročilo predsednika,
- b) Poročilo tajnika, blagajnika in predsednikov komisij
- c) Poročilo Nadzornega odbora
- d) Poročilo zastopnikov podružnic.

Predračun Zveze za mandatno dobo 2 let 1975—1976.

Predlog dopolnitve Statuta ZGRMIT-SRS.

Predlog za častne in zaslužne člane Zveze.

Razrešnica dosedanjemu odboru in volitve novega
Predsedstva in Odbora samoupravne kontrole.

Sprejem sklepov občnega zbora.

Razno.

Izvoljeno je bilo delovno predsedstvo občnega zbora:

- | | |
|------------|--------------------------------------|
| predsednik | — dr. inž. Andrej Paulin (Ljubljana) |
| član | — dipl. inž. Jože Ambrožič (Velenje) |
| član | — dipl. inž. Adolf Jermol (Trbovlje) |
| član | — dipl. inž. Stanko Cop (Jesenice) |

Kandidacijska in volilna komisija:

- | | |
|--|--|
| | dipl. inž. Vladimir Isek (Ljubljana) |
| | dipl. rud. tehn. Medard Pirih (Idrija) |

Verifikacijska komisija:

- | | |
|--|------------------------------------|
| | dipl. inž. Mirko Mlakar (Trbovlje) |
| | dipl. inž. Peter Souvent (Mežica) |

Komisija za sklepe občnega zbora:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| | dr. inž. Viktor Prosenc (Ljubljana) |
|--|-------------------------------------|

Zapisnikar:

- | | |
|--|---|
| | dipl. inž. Viktor Kersnič ml. (Ljubljana) |
|--|---|

Overovatelj zapisnika:

- | | |
|--|---|
| | dr. inž. Karel Slokan (Ljubljana) |
| | dipl. inž. Jakob Klarič (Litostroj Ljubljana) |

Spomin v preteklem obdobju od zadnjega občnega zbora umrlih članov: podpredsednika ZGRMIT za rudarje doc. inž. Karla Tarterja, predsednika Nadzornega odbora gl. rud. inšpektorja dipl. inž. Matije Cerovca in tehn. direktorja Železarne Ravne dipl. inž. Franja Mahorčiča so navzoči počastili z enominutnim molkom.

Poročilo predsednika Zveze: Aktivnost in delovanje Zveze v obdobju od zadnjega občnega zbora dne 23. II. 1973 do danes bi lahko razdelili na naslednje točke:

1. Stiki s podružnicami, ZITS, SITJ-RGM in strokovnimi komiteji.
2. Delo na usklajevanju Statuta.
3. Ostala aktivnost Zveze in poživljanje aktivnosti članstva.
5. Aktivnost podružnic.
4. Delo komisij.

Zveza je skušala po svojih najboljših kadrovskih in finančnih močeh vzdrževati vse potrebne stike s podružnicami, ZITS, SITJ-RGM in strokovnimi komiteji.

V tem mandatnem obdobju je tudi minilo 50 let, odkar je leta 1923 nastalo prvo jugoslovansko društvo topničarjev.

Zaradi tesnejših stikov s podružnicami je Zveza naslovlila na posamezne podružnice dopis, da bi ji le-te javile ime člana, ki je zadolžen za stike z Zvezo. Z večine podružnic smo dobili imena. Za povezavo so običajno bili zadolženi predsedniki ali tajniki podružnic. Podpredsednik Paulin se je tudi udeležil občnega zbora DIT-a Ruše in na njem pojasnil kadrovske in finančne težave Zveze, ki jo ovirajo pri večji aktivnosti, obenem pa poudaril, da glavna aktivnost članstva naj bo v podružnicah, medtem ko ima republiška zveza le vlogo koordinatorja in naj vzpodbuja k aktivnosti manj aktivne podružnice. Poleg tega so imeli člani UO ZGRMIT tudi osebne stike s predstavniki podružnic, ko se ob različnih priložnostnih srečanjih na kongresih, strokovnih srečanjih ipd. izmenjavali izkušnje ter razpravljali o društvenih problemih.

Člani UO ali zastopniki zveze so se tudi udeleževali sestankov Koordinacijskega odbora SITJ-RGM, UO ZITS ter sej strokovnih komitejev (za površinsko izkopavanje, rudarska merjenja, za varnost v RGM, za barvno metalurgijo ipd.), na katere so bili vabljeni.

Obenem je Zveza sodelovala v diskusiji o predlogu Statuta SITJ, v zvezni komisiji za produktivnost dela, na sestanku o ustavi v Beogradu, dala pripombe na rudarski zakon, njen predstavnik se je udeležil VII. zasedanja RK SZDL Slovenije, kjer je bilo govora o pomenu in vlogi društev v naši samoupravni družbi, udeležila se je tudi seminarja, ki ga je organizirala Pravna fakulteta, inštitut za javno upravo, o vlogi društev v okviru nove ustave.

Ze v zapisniku XVI. občnega zbora so bile predlagane nekatere spremembe statuta ZGRMIT-SRS, ki naj bi statut iz leta 1970 prilagodila statutu SITJ-RGM, sprejetem leta 1972 v Ohridu, ter trenutnemu stanju. Glavna sprememba je bila vključitev strokovnih komitejev ali sekcij v statut republiške zveze.

Nova ustava je uvedla delegatski sistem v vse oblike družbenega udejstvovanja in zato se je pri Zvezi ustanovil iniciativni odbor, ki so ga sestavljali nekateri člani UO ter delegati podružnic, ki naj bi uskladili statut Zveze z novim zakonom o društvih. O rezultatih dela Odbora bomo slišali kasneje.

Poleg standardnih oblik udejstvovanja v društvenem življenju, o čemer smo slišali v začetku, je Zveza sodelovala še pri diskusiji učnih načrtov Odseka za metalurgijo Univerze v Ljubljani s tem, da je učne načrte posredovala podružnicam, zbrala pripombe in jih posredovala Odseku za metalurgijo, ki je potem organiziral sestanek predstavnikov gospodarstva in šole, katerega se je udeležil tudi predstavnik Zveze.

Druga pomembna akcija je bilo prevajanje jugoslovanskih standardov v slovenščino. Celotno nalogo je prevzela ZITS, prevanje standardov RGM stroke pa naša Zveza, ki pa je pri tem odigrala v glavnem posredniško vlogo med prevajalci in ZITS, kar glede na uveljavljanje pomena Zveze in izboljšanja finančnega položaja ni bilo najbolj zadovoljivo.

Tretja akcija je bila javna strokovna diskusija o združitvi strokovnih revij RGM stroke na področju Slovenije v enotno revijo, ki bi bila s tem strokovno in finančno močnejša in bi celo lahko postala tudi soglasilo Zveze. Akcija zaenkrat še ni prinesla posebnih uspehov.

Prošnja SITJ o podatkih inženirjev in tehnikov RGM stroke v Sloveniji, da bi izdali jugoslovanski adresar o vseh strokovnjakih, je bila osnova, da se je Zveza lotila izde-

lati kartoteko vseh inženirjev in tehnikov RGM stroke v Sloveniji. Cenimo, da je do sedaj več kot polovica podjetij, kjer so zaposleni naši strokovnjaki, poslala njihove podatke in da imamo v kartoteki vsaj 2/3 teh strokovnjakov.

Premalo poznavanje dela Zveze in društev naše stroke je privedlo k temu, da je Zveza skušala najprej objavljati poročila o svojem delu v glasilih metalurških in rudarskih podjetij. Kljub temu, da je bilo prvo tako poročilo poslano vsem uredniškemu odboru internih glasil, sta ga objavili le dve. Toda steklo je nato dobro sodelovanje z uredniškim odborom Železarskega zbornika, ki sedaj redno objavlja v društvenih vesteh poročila o delu naše Zveze. Zadnje poročilo o delu naše Zveze smo poslali tudi uredniškemu odboru RGM revije v Beogradu.

Podružnice pri podjetjih so v glavnem bolj ali manj aktivne v odvisnosti od aktivnosti društvenega organa, ki jo vodi, zelo slab položaj pa je v Ljubljani in Mariboru. V Ljubljani je bila dolgoletna praksa, da so bili člani neposredno vključeni v Zvezo, kar ni niti dobro niti pravilno, po novem zakonu o društvih pa celo protipravno. V Mariboru pa podružnic ZRGMIT sploh ni. Akcija, da bi v Ljubljani ustanovili svojo podružnico, zaenkrat še ni obrodila sadov, ker podjetja in ustanove, katerim je bila poslana anketa, če smatrajo potrebno ustanoviti podružnico, na dopis Zveze sploh niso odgovorila. Tudi ustna akcija podpredsednika Paulina z metalurgije v Mariboru o ustanovitvi tamkajšnje podružnice ni prinesla sadov.

Zveza, ki je v tem obdobju med dvema občinama zboroma skušala precej poživiti svojo aktivnost, je izdelala program dela, povezan s finančnim programom. V ta program so bila vključena vsakoletna strokovna posvetovanja, strokovne ekskurzije, izobraževalni seminarji, medpodružnična srečanja, povezava s strokovnimi komiteji, udeležba na tujih kongresih itn. Finančni letni proračun je bil 140.000 din. Program in finančni načrt je Zveza poslala večjim podjetjem v razpravo, vendar nanju ni bilo odgovora. Zato se je zaradi zelo omejenih finančnih možnosti Zveza odrekla vsem točkam posebnih aktivnosti, skušala je le izpeljati organizacijo izobraževalnih tečajev. V ta namen se je že dogovorila z učitelji na Odseku za metalurgijo Univerze v Ljubljani. Zaradi nenotnega interesa gospodarskih organizacij je bila organizacija seminarjev začasno odložena in naj bi bila ena izmed nalog novega vodstvenega organa Zveze.

Komisije v sedanjem mandatnem obdobju niso bile posebno aktivne, v njihovo opravičilo pa je treba dodati, da tudi niso dobile posebnih nalog. Najbolj pereč problem se je izkazalo pomanjkanje kadrov v rudarstvu in Zveza kot celota je skušala organizirati širši strokovni sestanek, posvečen samo temu problemu. Precejšnja zavzetost gospodarskih organizacij z reorganizacijo ter zasedenost članov vodilnega organa Zveze z zadolžitvami pri rednem delovnem razmerju sta pripomogli, da do takega sestanka še ni prišlo.

Mogoče sta največ konkretnega dela opravil terminološka komisija, ki je pri svojem delu odvisna le od aktivnosti svojih članov, ter komisija za posvetovanje z orga-

nizacijo vsakoletnih rudarskih in dvoletnih metalurških posvetovanj.

Predstavniki komisije za tisk dr. Vodopivec je predlagal izstop iz uredniškega odbora RGM revije, ker se uredniški odbor že več let ni sestajal, da bi uveljavljal določeno redakcijsko politiko, ki na svoje pismene predloge uredniškemu odboru ni nikoli dobil odgovora. Pogled na strokovne in znanstvene revije RGM stroke v Sloveniji (Železarski zbornik, Rudarsko-metalurški zbornik, Livarski vestnik) kaže zelo dobro publicistično dejavnost v SRS, ki pa se je popolnoma izmuznila patronatu ZRGMIT.

Iz prispelih poročil podružnic se vidi, da so bile nekatere podružnice zelo aktivne, njihova aktivnost pa je bila v glavnem usmerjena na organizacijo predavanja s področja svoje stroke, s področja organizacije podjetja, zaščite okolja ipd., ogled strokovnih filmov, v manjši meri pa na strokovne ekskurzije, ogled sejmov idr. Nekatere podružnice so ugotovile tudi potrebo za spremembo sestava svojih organov glede na reorganizacijo podjetij:

Iz poročila tajnika sledi, da je v ZRGMIT-SRS včlanjeno sedaj 1077 članov.

Poročilo blagajnika:

a) Pregled zadnjih nakazil posameznih podjetij:

Podjetje	Plačano za leto	Znesek din
1. Zasavski premogovniki	1974	1.092
2. Rudnik Velenje	1974	700
3. Rudnik Senovo	1973	200
4. Rudnik Kanižarica	1974	300
5. Rudnik Laško	1974	250
6. Rudnik Montana Žalec	1970	300
7. Rudnik Črna Kamnik	1974	250
8. Rudnik Idrija	1972	500
9. Rudnik Mežica	1973	450
10. Podjetje Kremen Novo mesto	1974	250
11. Podjetje IMPOL Slov. Bistr.	1964	28.836 SD
12. Cinkarna Celje	1963	20.940 SD
13. INA-Nafta Lendava	1968	250
14. Tovarna aluminija Kidričevo	—	—
15. Železarna Jesenice	1974	800
16. Železarna Ravne	1972	400
17. Železarna Štore	1963	46.752 SD
18. Termična Domžale	1973	150
19. Rudnik Globoko	1963	10.000 SD
20. Tovarna dušika Ruše	1974	500
21. Geološki zavod Ljubljana	1974	1.000
22. Strojna tovarna Trbovlje	1973	250
odobreno	1974	500
23. Rudis Trbovlje	1973	300
odobreno	1974	900
24. Smelt Ljubljana	1972	500
25. Posl. združ. energetike Lj.	1973	250

b) Poslovanje Zveze:

1973	
Blagajniška gotovina 1. 1. 1973	20.618,15
dohodki	18.440,31
skupaj	39.058,46
izdatki	21.152,64
stanje 31. 12. 1973	17.905,82

Razdelitev salda

rudarsko posvetovanje	5.247,55
metalurško posvetovanje	4.161,90
nekovinarsko posvetovanje	3.708,27
študijska izmenjava	4.809,86
rudarska vprašanja	114,09
ročna blagajna	45,95
skupaj	18.087,62
— sklad ZRGMIT	181,80
skupaj	17.905,82

1974	
Blagajniška gotovina 1. 1. 1974	17.905,82
dohodki	19.154,45
skupaj	37.060,27
izdatki	15.643,35
stanje 31. 12. 1974	21.416,92

Naše dobroimetje v banki dne 15. 3. 1975: **21.655,12 din**

Razdelitev salda

rudarsko posvetovanje	5.247,55
fond ZRGMIT	3.372,85
metalurško posvetovanje	4.161,90
nekovinarsko posvetovanje	3.708,27
študijska izmenjava	4.809,86
rudarska vprašanja	114,09
ročna blagajna	2,40
skupaj	21.416,92

Predračun Zveze za mandatno dobo 2 let 1975—1976:

Dohodki	
— članarina članov	11.000
— prispevki podjetij	10.000
— obresti banke	100
— skupaj	din 21.100
Izdatki	
— osebni dohodek administratorke	4.800
— najemnina in vzdrževanje	4.500
— naročnina revij in časopisov	6.100
— pisarniške potrebščine	1.700
— ciklostiranje	500
— razno (stroški banke ipd.)	500
— potnine	1.000
— poštnina	1.000
— prispevki in dajatve	1.000
— skupaj	din 21.100

K predračunu je pripomnil prof. Rekar, da iz njega ni možno financirati aktivnosti, ki jih ima Zveza v programu.

Predlog dopolnitve Statuta ZRGMIT-SRS

Predlog spremembe Statuta je bil soglasno sprejet brez dodatnih pripomb. Podpredsednik dr. Paulin se je ob tem zahvalil DRGMIT Jesenice, ker je omogočilo, da je pravnica pri podjetju pregledala zadnjo verzijo predloga za spremembo Statuta.

Načrt dela za mandatno dobo 1975—1976

1. Prispevek k reševanju kadrovskih problemov v rudarstvu in metalurgiji.
2. Dokončno sprejetje usklajenega Statuta Zveze ter pomoč društvom pri usklajevanju njihovih statutov.
3. Izdelati način, da bi strokovnjakom RGM-stroke, ki so se odlikovali na svojem strokovnem področju, dali ustrezna priznanja.
4. Organizacija izobraževalnih seminarjev kot ene izmed oblik aktivnosti Zveze.
5. Organizacija obiskov mednarodnih strokovnih razstav ter strokovne ekscurzije doma in v tujini.
6. Nadaljnja popularizacija in javno obveščanje o delu Zveze in društev RGM stroke v Sloveniji.
7. Pospeševati mednarodne stike Zveze in društev.
8. Sklicati iniciativni odbor za ustanovitev ljubljanske podružnice.
9. Podpirati družabno življenje članov.

V diskusiji k načrtu dela je pripomnil dr. Vodopivec, naj se priznanja dajejo tudi mlajšim in ne samo starejšim. Izdelati je pravilnik o podelitvi priznanj za odlike na strokovnem področju.

V poročilu predsednika naj bo v bodoče tudi razvoj stanja kadrov (število vpisanih, število diplomiranih ipd.) v naših strokah.

Seminarji, tečaji, predavanja naj bodo na posameznih podružnicah in ne samo v Ljubljani.

Prof. Rekar je pripomnil, naj se za organizacijo seminarjev, tečajev in predavanj zadolži Oddelek za montanistiko.

Predlog za častne in zaslužne člane Zveze

DRGMIT Jesenice

Častni člani: dipl. inž. Ivan Arzenšek, dipl. inž. Stanko Čop, dipl. tehn. Bogomil Homovec in dipl. inž. Miroslav Nikolič.

Zaslužni člani: dipl. inž. Joža Arh, dipl. tehn. Jože Bertoncelj in dipl. inž. Martin Šketa.

DRGMIT Trbovlje

Zaslužni člani: dipl. inž. Hubert Clemenz, dipl. tehn. Franc Jan, dipl. inž. Cveto Majdič, dipl. inž. Rudi Sikovec in dipl. inž. Matija Ušeničnik.

Ljubljana: Častni član dipl. inž. Vinko Bukovec.

Volitve novega Predsedstva in Odbora samoupravne kontrole

Predsednik verifikacijske komisije je poročal, da je bilo navzočih 41 in od 58 delegatov je bilo prisotnih 32.

Po predlagani kandidacijski listi so bili izvoljeni:

- predsednik Zveze: gen dir. REK Velenje dipl. inž. Mirko Bizjak
- podpredsednik za rudarstvo: dipl. inž. Uroš Bajželj
- podpredsednik za metalurgijo: dr. inž. Andrej Paulin
- podpredsednik za geologijo: dr. inž. Matija Drovenik
- tajnik: dipl. inž. Viktor Kersnič ml.
- blagajnik: dipl. inž. Janez Rankel
- predsedniki komisij za:
 - šolstvo in strokovne kadre: dr. inž. Rudi Ahčan (rudarji), dr. inž. Viktor Prosenec (metalurški)
 - posvetovanje, stike s tujino in ekscurzije: dr. inž. Karel Šlok (rudarji), dr. inž. Anton Podgornik (metalurški), dr. inž. Drago Očep (nekovine)
 - raziskovalno delo, produktivnost dela in varnost pri delu: dipl. inž. Stefan Zagoričnik (rudarji), dr. inž. Bogo Dobovišek (metalurški), dr. inž. Stanko Grafenauer (geologi)
 - terminologija in tisk: dr. inž. Viktor Kersnič (rudarji), dr. inž. Andrej Paulin (metalurški)
 - Odbor samoupravne kontrole: dipl. met. tehn. Zoran Krejčič (Jasenice), dipl. inž. Jože Guštin (Velenje), dipl. inž. Mirko Mlakar (Trbovlje)

Sklepi Občnega zbora

A) Organizacijska vprašanja:

1. Sprejeti dokončno novi usklajeni Statut Zveze ter pomagati društvom pri TOZS in regionalnim društvom pri sestavljanju in usklajevanju njihovih statutov.
2. Izboljšati stike s strokovnimi društvi pri temeljni organizaciji in urediti predvsem odnose s tistimi društvi, pri katerih je povezava z republiško zvezo že več let popolnoma zamrla (društvo pri Železarni Ravne in drugih).
3. Urediti plačevanje zaostale članarine.
4. Sklicati iniciativni odbor za sklicanje teritorialnega društva za ljubljansko regijo.

5. Najti možnost za ustanovitev društva na mariborskem področju (mesto Maribor z najbližjo okolico).

6. Nadaljevati in končati delo na članski kartoteki pri republiški zvezi.

7. Izdelati način (pravilnik), da bi strokovnjakom RGM-stroke, ki so se odlikovali na strokovnem področju, dali ustrezna priznanja.

8. Delati na realizaciji razširjenih aktivnosti Zveze, za katero je bil program sprejet že v pretekli poslovni dobi in ni bila realizirana (zaradi absolutnega pomanjkanja finančnih sredstev).

9. Posredovati pri TOZD, da bi omogočili pri društvenem delu sodelovanje večjega števila članov, predvsem pa, da bi pošiljali na strokovne prireditve (posvetovanja, seminarje in drugo) večje število udeležencev — ne samo aktivne (predavatelje), ampak tudi pasivne (poslušalce).

B) Strokovno delo:

10. Prispevati čimveč k reševanju kadrovskih problemov v RGM.

11. Sodelovati pri izbiri kadrov, ki bi sodelovali v izobraževalnem procesu in sodelovati pri izdelavi študijskih programov na vsch nivojih izobraževanja strokovnih kadrov.

12. Poživiti strokovno delo republiške zveze s prirejanjem osvežilnih tečajev, predavanj in seminarjev po po-

sameznih specializacijah ali skupno. Izdelati za to potrebno organizacijsko shemo in najti možnosti za financiranje.

13. Pospeshevati ustanavljanje novih strokovnih komitejev.

14. Organizacija obiskov mednarodnih strokovnih razstav ter strokovnih ekskurzij doma in v tujini.

15. Pospeshevati mednarodne stike Zveze in društev.

16. Intenzivnejša popularizacija Zveze in strokovnih društev RGM stroke v Sloveniji, s tem da se javnost obvešča o njihovem delu.

17. Podpirati in poživljati družabno življenje članov.

Razno: Dipl. inž. Prohinar, predsednik ZIT Slovenije, je pozdravil Občni zbor in pripomnil, da je treba poživiti aktivnost, poskušati dobiti večja finančna sredstva ter vabiti novinarje na take skupščine, da bi bilo delo bolj javno prikazano.

Prof. Rekar: Poiskati je možnost tudi neaktivne udeležbe na pomembnih kongresih doma in v tujini.

Prof. Ocepek: Društva in Zveza naj se aktivno vključijo pri delu in sestavi učnih programov in naj pomagajo pri kadrovanju pri TOZD Montanistika.

Podpredsednik:

dr. inž. Andrej Paulin

Poročilo s I. seje Predsedstva ZGRMIT-SRS dne 23. aprila 1975 v Ljubljani

Dnevni red:

1. Izvolitev Izvršnega odbora.
2. Program dela za leto 1975.
3. Razno.

V Izvršni odbor ZGRMIT so bili izvoljeni:

Predlagani so bili: podpredsednik: dipl. inž. Uroš Bajželj, dr. inž. Andrej Paulin in prof. dr. inž. Matija Drogenik, tajnik dipl. inž. Viktor Kersnič ml. in dr. inž. Viktor Prosenec. Prisotni so predlagane soglasno izvolili, za predsednika Izvršnega odbora pa je bil izvoljen podpredsednik dr. Paulin.

Program dela za leto 1975

a) Za udeležbo na IX. rudarskem svetovnem kongresu v Düsseldorfu maja 1976 je bilo predlagano, da bi se pripravil skupen obisk, za kar se zadolži komisijo za stike s tujino in ekskurzije, da pošlje tozadevna obvestila vsem podružnicam rudarske stroke.

b) Glede pospeševanja stikov z mednarodnimi strokovnimi organizacijami je pripomnil prof. Podgornik, da ima Metalurški inštitut stike z madžarskim strokovnim društvom. Predlagano je bilo, da naj bi bili ti stiki prek Zveze. Zveza bi pa zadolžila Metalurški inštitut. Enako bi bilo tudi z navezavo z drugimi društvi. K temu je pripomnil inž. Mlakar, da smo imeli pred leti stike tudi s češkim strokovnim društvom.

c) Dopolnjeni statut Zveze je treba formalno izpeljati, pretipkati in poslati Socialistični zvezi v diskusijo s spremnim pismom, da je bil statut sprejet na XVII. občnem zboru Zveze, 22. 3. 1975.

č) Izvršni odbor naj skliče ustanovni občni zbor ljubljanske podružnice, ki bi zajela TOZD Montanistike, Rudarski in Metalurški inštitut in Geološki zavod. Vabila za ta občni zbor je poslati poimensko.

d) Podružnice naj v bodoče pošiljajo Zvezi naslove predavanj, ki jih bodo pripravile, da jih posreduje ostalim

podružnicam, tako tudi npr. rudarski inšpektor poroča na podružnicah o rudarskih nesrečah.

e) Zveza se bo ponovno obrnila na uredništva internih glasil, da bi objavljala društvene novice, kratke izvlečke sej Predsedstva in slično. Prav tako naj bi se društvene novice objavljale v Rudarsko-metalurškem zborniku.

f) Izvršni odbor naj pripravi osnutek pravilnika ter ga pošlje v razpravo društvom za podeljevanje priznanj delavcem na strokovnih področjih in dostavi podružnicam dopis, da bi predlagale strokovnjake, ki so se odlikovali na strokovnem področju, da se jim izda primerno priznanje v obliki plakete, ki naj bi bila imenovana po kakem zaslužnem rudarju ali metalurgu.

g) Za pospeševanje družabnega življenja članov naj podružnice pripravijo predavanja, za katera prispevajo podjetja sredstva iz fonda za izobraževanje. Medsebojna srečanja lahko organizirata dve ali več podružnic, druge pa se o tem obvestijo. Ob tej priložnosti se lahko vključi tudi družabno življenje.

h) Novi učni načrti TOZD Montanistike se naj resno obravnavajo tudi na podružnicah. Novi zakon o univerzah prinaša mnogo novega (določa dolžnosti šol, gospodarstva itd.). To naj bi bil eden od problemov reševanja vzgoje kadrov.

i) Za pripravo osveževalnih kurzov in seminarjev je poslati vabila članom in podjetjem v svrhu prispevka kotizacije.

j) Zapisnike Izvršnega odbora je treba pošiljati tudi vsem podružnicam.

Razno

V Novi Proizvodnji štev. 5—6/1974 je izšlo poročilo o delu Zveze.

Podpredsednik :
dr. inž. Andrej Paulin

Odgovorni urednik: Jože Arh, dipl. inž. — Člani Jože Rodič, dipl. inž., Viktor Logar, dipl. inž., Aleksander Kveder, dipl. inž., Edo Žagar, tehnični urednik.

Oproščeno plačila prometnega davka na podlagi mnenja Izvršnega sveta SRS — sekretariat za informacije št. 421-1/72 od 23. 1. 1974

Naslov uredništva: ZPSZ — Zelezarna Jesenice, 64270 Jesenice, tel. št. 81-231
int. 385 — Tisk: GP »Gorenjski tisk«, Kranj