

Razvoj avtomatskih jekel v Železarni Jesenice

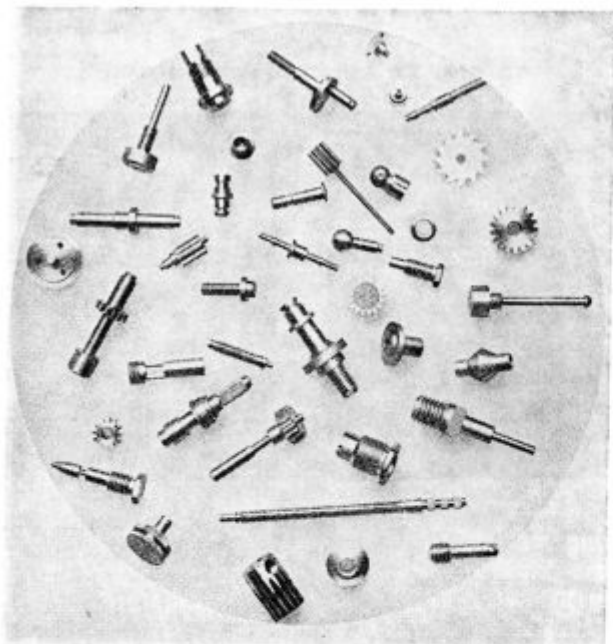
UDK: 669.14.018.23
ASM/SLA: SGA-k

Anton Razinger, Joža Arh

Jekla za obdelavo na avtomatih — avtomatna jekla — so specializirani proizvod železarne Jesenice v okviru programa hladno predelanih paličnih jekel. Raziskovalno delo v zvezi z razvojem avtomatskih jekel je trajalo več kakor deset let. Avtomatna jekla so v železarni Jesenice razvita v proizvodnem in tudi v kvalitetnem pogledu. Letna proizvodnja dosega cca 10 000 ton, kar predstavlja cca 50 % celotne količine hladno predelanih paličnih jekel v železarni Jesenice.

1. Kaj so avtomatna jekla in kakšen je njihov pomen

Avtomatna jekla imenujemo tista kvalitetna ogljikova jekla in visokolegirana nerjavna jekla, katerih kemična sestava, struktura in trdnost so tako prirejene, da so jekla dobro obdelovalna. Dobra obdelovalnost, oziroma sposobnost za odrezovanje je poudarjena tehnološka lastnost avtomatskih jekel, vse ostale fizikalne in tehnološke lastnosti pa so več ali manj podrejene tej zahtevi.



Slika 1
Tipični velikoserijski izdelki iz avtomatskih jekel
Fig. 1
Typical products of free-cutting steel in great series

Avtomatna jekla so namenjena obdelavi na avtomatskih obdelovalnih strojih, kjer se z odrezovanjem oblikujejo strojni deli v velikih serijah in pri visokih rezalnih hitrostih (sl. 1). Dobra obdelovalnost se mora odraziti v visoki vzdržnosti rezalnega orodja, ugodni obliki odrezkov in pa v visoki kvaliteti površine obdelovancev.

Skladno s hitrim razvojem obdelovalnih strojev in tehnologije odrezovanja v zadnjih 10 letih smo v železarni Jesenice zelo intenzivno razvijali takšen kvaliteten asortiment avtomatskih jekel, s katerim bi lahko zadovoljili zelo pestre zahteve uporabnikov. Marketing je zato temeljil na:

- tesnem sodelovanju s potrošniki jekel
- obsežni informacijski dejavnosti
- aktivnem sodelovanju z institucijami, ki vzgajajo strokovnjake za predelovalno industrijo.

Smoter razvijanja avtomatskih jekel je omogočiti cenejšo proizvodnjo strojnih delov z odrezovanjem. Delo z razvijanjem kvalitete in proizvodnje avtomatskih jekel torej sovпада z napori za stabilizacijo našega gospodarstva.

Proizvodnja avtomatskih jekel v železarni Jesenice je že dosegla 10 000 t, kar predstavlja cca 50 % proizvodnje hladno predelanih paličnih jekel.

2. Raziskovalno delo

Raziskovalno delo razvijanja kvalitete in proizvodnje avtomatskih jekel je trajalo s presledki 10 let. V tem času smo razvili tak kvalitetni asortiment, ki popolnoma zadovoljuje potrebe naše predelovalne industrije (sl. 2).

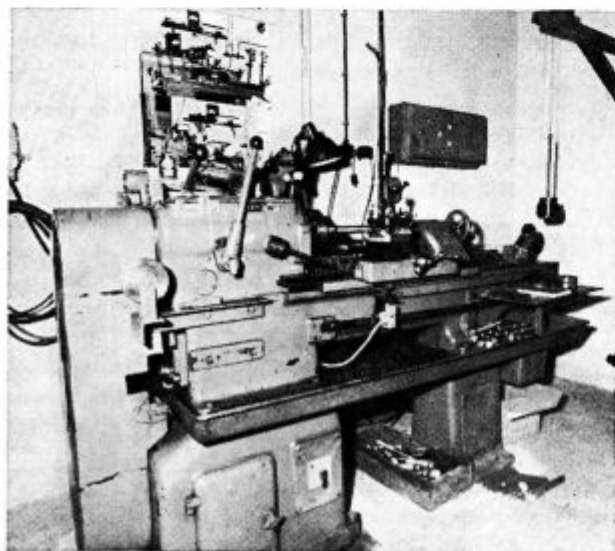
Osnovno jeklo Želez. Jesenice	Srečno analize (%)	Obdelovalna indeksi (%)	Primerjava z AIS in tujnimi standardi				
			AIS C80 S05 Mn	DIN 1681 (18%)	ISO-OP	ASU-US	Alpine
Jeklo z vsakim indeksom obdelovalnosti							
ATJ 100 Pb	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	170	—	9 S Mn Pb 28	2 Pb	12 L 14	2 S Pb
Č 3980	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	135	Č 3990	9 S Mn 28	2	12 13	2 S
ATJ 70	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	140	—	9 S Mn 26	3	—	—
Jeklo za cementacijo							
ATJ 80 C	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	110	—	—	—	12 L 17	—
Č 3190	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	100	Č 3190	—	—	11 15	M 2
Č 1190	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	100	Č 1190	10 S 20	4	11 17	Z E 10
Jeklo za zobjedanje							
ATJ 40 G	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	80	—	—	—	11 L 37	L 20 0
(Č 1490)	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	70	Č 1490	35 S 20	7	11 38	2 V 35
(Č 1590)	0,10C, 0,10Mn, 0,035S	65	Č 1590	45 S 20	10	11 46	2 V 45
Nerjavno jeklo							
Č 4590	0,10C, 10% Ni, 0,035S	70	v pripravi	120 Ni 18/8 S	—	303	A4 22
(Č 4190)	0,10C, 10% Ni, 0,035S	90	v pripravi	—	—	438	KW 15 Z
Č 4790	0,10C, 10% Ni, 0,035S	95	v pripravi	120 Ni 18 S 17	—	430 F	KW 2 A

Slika 2
Kvalitetni asortiment avtomatskih jekel Železarne Jesenice
Fig. 2
Production program of free-cutting steel in Jesenice iron-works

mgr. Anton Razinger, dipl. inž., Železarna Jesenice —
Joža Arh, dipl. inž., Železarna Jesenice

Ta kvalitetni asortiment obsega 12 vrst jekel, od katerih so bila jekla z oznako ATJ popolnoma razvita v železarni Jesenice. Avtomatna jekla pokrivajo naslednja področja uporabnosti: jekla z visokim indeksom obdelovalnosti, jekla za toplotno obdelavo in nerjavna jekla.

Tehnologija izdelave in predelave avtomatnih jekel temelji na novejših dognanjih o vplivu metalurških dejavnikov na obdelovalnost, ki so rezultat lastnega raziskovalnega dela in tujih izkušenj.



Slika 3

Naprava za ocenjevanje obdelovalnosti avtomatnih jekel

Fig. 3

Apparatus for estimating the machinability of free-cutting steel

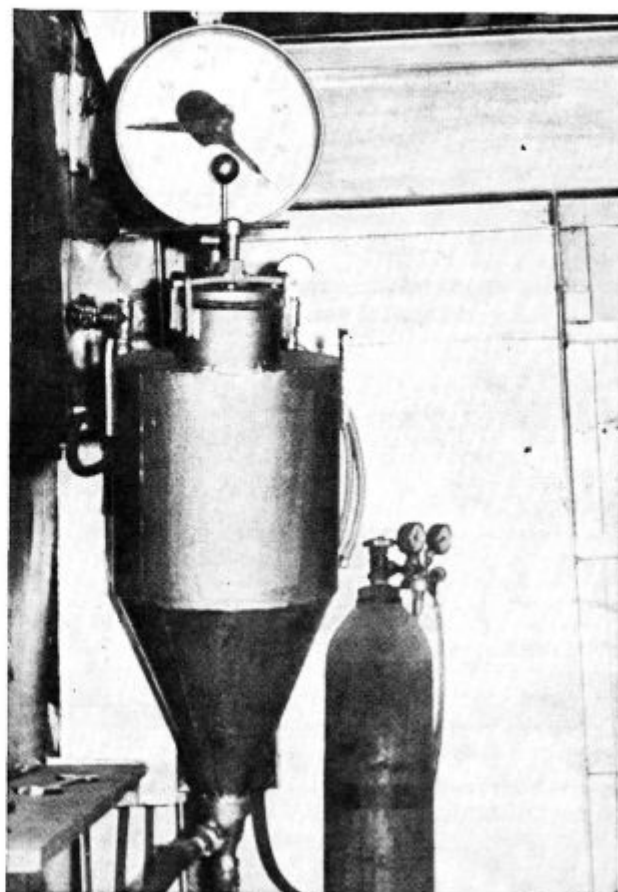
Odločilno vlogo pri razvijanju je imela konstrukcija lastne naprave za ocenjevanje obdelovalnosti¹ (naprava dela na principu konstantnega podajnega pritiska) (sl. 3), ter naprava za uvajanje svinca v jeklo (sl. 4).²

Visoka kvaliteta avtomatnih jekel, ki jih proizvaja železarna Jesenice, je bila potrjena na domačem in na zelo zahtevnem evropskem in ameriškem tržišču.

Glavne značilnosti in dosežki v razvoju posameznih vrst avtomatnih jekel so naslednji:

2.1 Jekla z visokim indeksom obdelovalnosti

V to skupino spadajo jekla Č 3990, ATJ 100 Pb in ATJ 70. Odlična obdelovalnost je edini smoter teh jekel kateremu so v popolnosti podrejene vse kemične in fizikalne lastnosti. Teoretične osnove dobre obdelovalnosti jekel so že dolgo poznane in temeljijo predvsem na pravilni morfologiji sulfidnih nemetalnih vključkov (sl. 5) in zadostni utrditvi ferita.

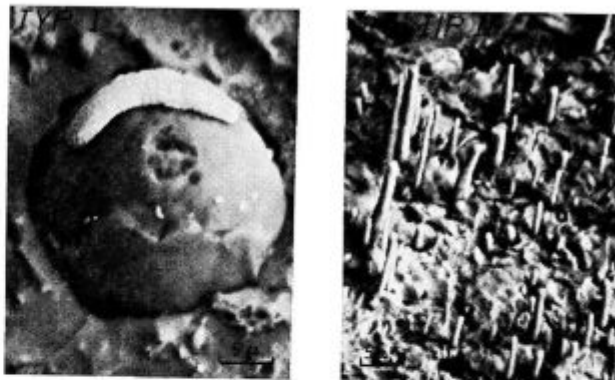


Slika 4

Naprava za vpihavanje svinca v jeklo

Fig. 4

Set-up for blowing lead into steel



Slika 5

Oblika in porazdelitev sulfidnih nemetalnih vključkov v avtomatnih jeklih (SEM)

Fig. 5

Shape and distribution of sulphide non-metallic inclusions in free-cutting steel (SEM)

a) oxysulphide inclusion of Type I
b) sulphide inclusion of Type II

Sulfidni nemetalni vključki morajo biti v litem stanju globularni in slučajno porazdeljeni (Typ I), v predelanem stanju pa slabo deformabilni, tj. čim bolj ovalni. V okviru raziskovalnega dela porazde-

litve svinca v jeklu smo dokazali, da so vključki svinca v pogledu velikosti in porazdelitve popolnoma odvisni od velikosti in porazdelitve sulfidnih nemetalnih vključkov. Pogoj za izločanje sulfidov Tipa I je dovolj visoka vsebnost kisika v tekočem jeklu; pri nizki vsebnosti kisika so sulfidi v jeklu zelo drobni in porazdeljeni v obliki pahljače ali verige (Typ II), kar ni ugodno za dobro obdelovalnost. Sulfidni nemetalni vključki morajo biti čim bolj enakomerno porazdeljeni po celotnem preseku palice.

Da bi ustregli tem zahtevam, se mora torej jeklo z visoko vsebnostjo kisika (ca. 200 ppm) strditi pomirjeno. Tako strjevanje dosežemo pri dovolj visoki vsebnosti S in Mn, pravilni temperaturi taline in strogo kontrolirani vsebnosti O in C v jeklu. Kontrola vsebnosti O v tekočem jeklu je prav sedaj predmet eksaktnega raziskovalnega dela raziskovalcev raziskovalnega oddelka železarne Jesenice in metalurškega inštituta Ljubljana.³ Sulfidni nemetalni vključki in vključki svinca imajo vpliv na zmanjšanje obrabe orodja in pravilno izoblikovanje ostružkov. Da bi dosegli še visoko kvaliteto površine obdelovancev, utrjujemo ferit s povečano vsebnostjo P in N v jeklu ter zmerno stopnjo hladne deformacije pri vlečenju.

Najbolj kvalitetno jeklo v tej skupini je svinčevo avtomatno jeklo ATJ 100 Pb, ki ima poleg odlične obdelovalnosti tudi zadovoljivo plastičnost (sl. 6).

2.2 Pomirjena avtomatna jekla za toplotno obdelavo

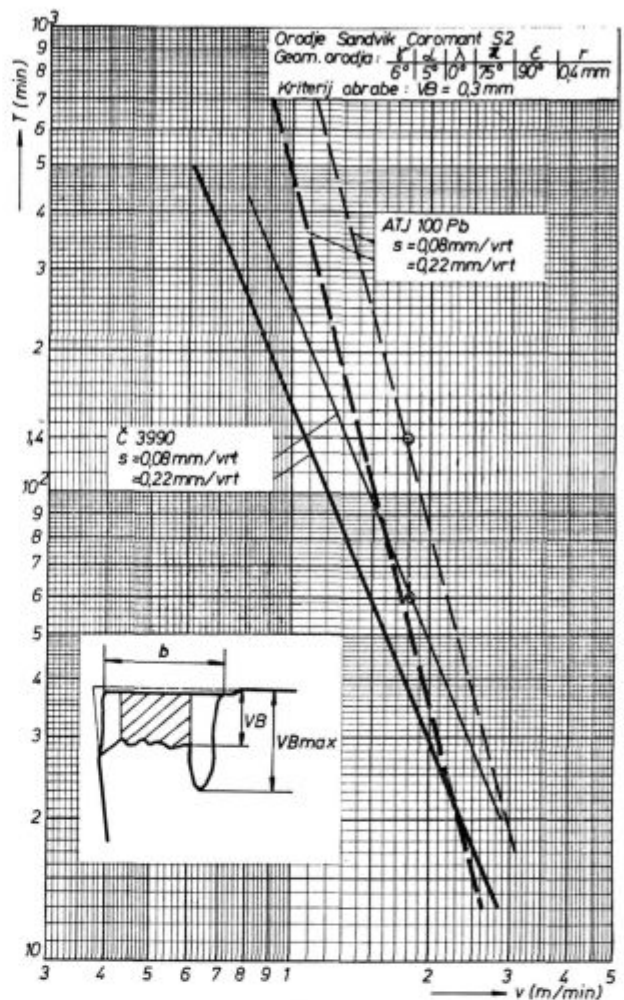
Področje avtomatnih jekel, ki so primerna za toplotno obdelavo, pokrivajo v glavnem 4 jekla, od katerih sta jekli Č 3190 in ATJ 50 C primerni za cementacijo (0.15 % C, 1.20 % Mn), jekli Č 1590 in ATJ 40 Q pa za poglobljanje.

Jekla so pomirjena s Si in Al. Zaradi nizke vsebnosti kisika rezultirajoči sulfidni vključki Typ II niso ugodni za dobro obdelovalnost. Pri svinčevih jeklih ATJ 50 C in ATJ 40 Q smo ob znatno nižji vsebnosti žvepla (ca. 0.1 %) dosegli izboljšanje obdelovalnosti, boljšo kvaliteto jekla po toplotni obdelavi ter dobro plastičnost jekla pri zmernih deformacijah v hladnem.

Preiskave lastnosti cementiranega in nitriranega sloja, ki so jih opravili na metalurškem inštitutu, kažejo, da so ta jekla v pogledu parametrov, ki določajo sposobnost jekla za cementacijo, ne razlikujejo od maloogljicnih nelegiranih jekel.⁴

Pri avtomatnih jeklih za poglobljanje je v pogledu kaljivosti in lastnosti v poglobljenem stanju jeklo Č 1590 inferiorno, svinčeno jeklo ATJ 40 Q pa v vsem enakovredno primerjalnem jeklu Č 1530.

Jeklo ATJ 40 Q odlikuje zelo dobra obdelovalnost ter dobra plastičnost v hladnem, torej kombinacija, ki je v moderni tehnologiji oblikovanja strojnih delov zelo zaželena. Zaradi visoke kvali-



Slika 6

Obstojnost rezalnega orodja pri struženju jekla Č.3990 in ATJ 100 Pb

Fig. 6

Resistance to wear of the cutting tool in turning Č 3990 and ATJ 100 Pb steel

tete in uporabnosti pričakujemo, da bo to jeklo v najkrajšem času popolnoma izpodrinilo klasični avtomatni jekli za poglobljanje Č 1590 in Č 1490. (sl. 7)

Vrsta jekla	Obdelovalnost (vredno struženje) $V_{50}, VB_{0.3}, P_{10}$	Preoblikovalnost (tični preiskus)	
		kl^0 (kg/mm ²)	n
Č 1530	260m/min	104.7	0.195
ATJ 40 Q	400m/min	102.1	0.207

Slika 7

Primerjava obdelovalnosti jekel Č.1530 in ATJ 40 Q

Fig. 7

Comparison between the machinability of Č 1530 and ATJ 40 Q steel

2.3 Nerjavna jekla⁶

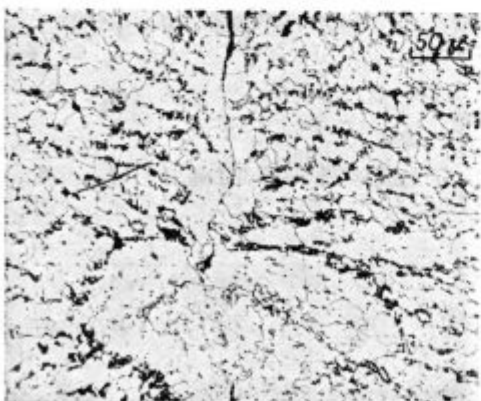
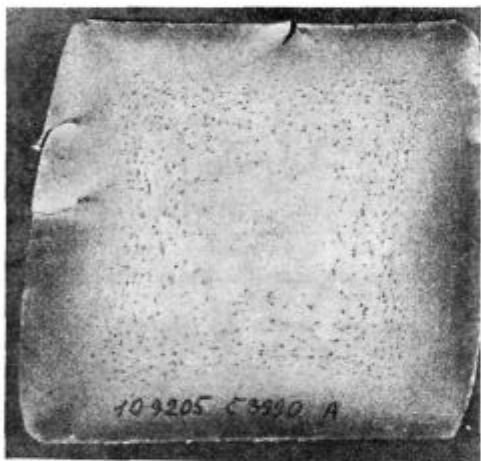
Smisel razvoja nerjavnih avtomatnih jekel je bil v tem, da se s poglobljanjem obdelovalnosti

sicer zelo slabo obdelovalnih nerjavnih jekel po-
ceni odrezovanje strojnih delov, ki morajo biti
zaradi zahtev po dobri korozijski obstojnosti iz
nerjavnega jekla. Avtomatne variante jekel so bile
razvite v vsaki skupini nerjavnih jekel in imamo
tako osvojena: Cr-Ni avstenitno Č4590 in
Cr feritno Č4790 in martenzitno Č4190
nerjavno avtomatno jeklo.

Obdelovalnost nerjavnih jekel je najbolj od-
visna od sestave nemetalnih vključkov v jeklu.
Žveplo je učinkovito le, če je vezano v MnS in ne
kot CrS, ki je trd in pri rezanju deluje abrazivno.
Razmerje Mn : S v jeklu mora biti večje kakor 4.
Ugotovili smo, da je mogoča hitra kontrola obde-
lovalnosti že z baumanovim odtisom, ki je v pri-
meru prisotnosti MnS aktiven, v primeru CrS pa
pasiven.

V pogledu obnašanja oksidnih nemetalnih
vključkov smo ugotovili, da je ugodna visoka vseb-
nost Si (ca. 1 %) in nizka vsebnost Al v jeklu.

Utrditev jekel s hladno predelavo je ugodna za
doseganje boljše kvalitete površine obdelovancev,
kar pa izkoriščamo le pri Cr jeklih.



Slika 8

Napake na blumih jekla Č.3990 in osnovni vzrok porušitve

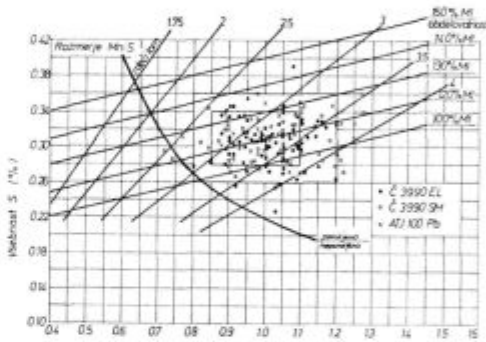
Fig. 8

Faults in blooms of Č 3990 steel and basic reasons for breaking

Ugotovili smo, da je korozijska obstojnost Cr
jekel zadovoljiva tudi pri visoki vsebnosti S ca.
0.3 %, pri Cr-Ni jeklih pa se zahteva nižja vsebnost
S 0.15 %, kar se odraža v slabši obdelovalnosti.

3. Problematika proizvodnje

Prikazani kvalitetni asortiment avtomatnih je-
kel je vključen v redni proizvodni program žele-
zarne Jesenice. V železarni Jesenice izdelujemo ta
jekla v SM in E pečeh. Jekla se vlivajo skozi lijak
v ingote kvadratnega preseka teže 5.4 tone. Kljub
temu, da je tehnologija izdelave avtomatnih jekel
v bistvu enostavna, pa praksa kaže, da je za visoko
kvaliteto in stabilno proizvodnjo potrebno zelo
pazljivo delo. Kaže tudi, da se vsako večje odsto-
panje od postavljenih regulativov odraz v slabši
kvaliteti in nizkem izkoristku, to je višji lastni
ceni jekla. Raziskave vzrokov površinskih napak
na bumih jekel kažejo, da so te napake v glavnem
posledica prisotnosti mehurčkov pod površino, ki

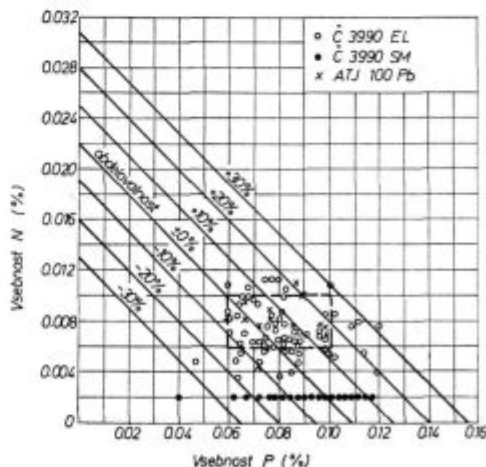


Slika 9

Vsebnost S in Mn v šaržah polpomirjenih avtomatskih jekel
(podatki za leto 1975)

Fig. 9

Sulphur and manganese content in melts of semi-killed
free-cutting steel (data for year 1975)



Slika 10

Vsebnost N in P (podatki za leto 1975)

Fig. 10

Nitrogen and phosphorus content (data for year 1975)

nastanejo zaradi nepravilnosti v procesu izdelave in vlivanja jekla.⁷ Za dobro kvaliteto jekla v pogledu izkoristka in obdelovalnosti je pri avtomatnih jeklih najpomembnejša kontrola in stabilnost vsebnosti kisika v jeklu, kar v praksi dosežemo s predpisano vsebnostjo C po pihanju kisika, čištim kuhanjem ter pravilno temperaturo jekla pred prebodom. Posebno stroga je kontrola zahtevanega časa mirovanja jekla v kokilah po končanem vlivanju.

Dosegamo zadovoljivo stabilnost vsebnosti osnovnih elementov C, Mn, Si, S, P in N v šaržnih analizah (sl. 9, sl. 10). Večja odstopanja pri analizah vzorcev predelanega jekla so posledica močnih blokovnih izcej, ki pa se jim ne da izogniti. Zaskrbnjujoče pa je stalno naraščanje vsebnosti oligoelementov Cr, Sn, Sb, kar je prav v jeklih z visoko vsebnostjo S in Pb posebno nevarno.

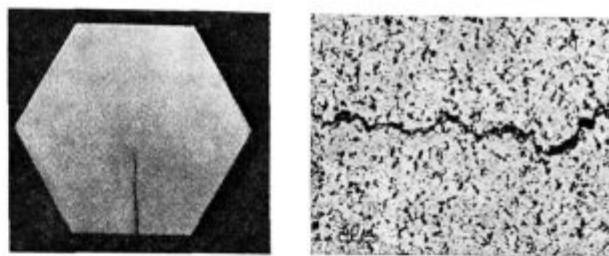
Ogrevanje blokov v globinskih pečeh je posebno občutljiva faza za obnašanje jekel med plastično predelavo v vročem. Pogoji ogrevanja morajo biti takšni, da je doseženo čim boljše pregretje. Bloke je treba zalagati v peč vroče, časi izenačevanja na temperaturi ogrevanja so omejeni zaradi občutljivosti avtomatnih jekel k lomu v rdečem.

Cetudi je vsebnost Mn takšna, da je močno preseženo stehiometrično razmerje MnS, imajo vsa avtomatna jekla veliko slabšo preoblikovalnost v vročem kakor jekla z nizko vsebnostjo žvepla.⁸ Slabša preoblikovalnost v vročem, ki je vsekakor posledica velikega volumskega deleža sulfidnih nemetalnih vključkov, je posebno izrazita v zadnjih prevlekih, ko je temperatura nizka in se odraža v obliki cepljenja koncev valjancev. Avtomatna jekla zahtevajo poseben način valjanja: visoke začetne temperature valjanja, maksimalni odvzemi v začetnih prevlekih, minimum hladilne vode.

Problemi pri valjanju končnih vroče valjanih profilov so občutno manjši, v kolikor poteka valjanje brez zastoja. Za normalen potek hladne predelave z vlečenjem pa se pri vroče valjanih profilih postavljajo zelo ostre zahteve glede ozkih toleranc ter odsotnosti površinskih napak.

Sposobnost avtomatnih jekel za hladno predelavo je močno omejena. Prekomerna stopnja hladne predelave ter prisotnost inicialnih površinskih napak povzročata značilno obliko porušitve med hladnim vlečenjem v obliki razpoke, ki se intragranularno širi do sredine palic (sl. 11). Poleg zgoraj omenjenih zahtev je pogoj za zadovoljivo vlečno sposobnost avtomatnih jekel, pa tudi dobro obdelovalnost enakomerna struktura vroče valjanega jekla (ferit in grobolamelarni perlit), ki jo dosežemo s kontrolirano končno temperaturo valjanja, kontroliranimi pogoji ohlajevanja po valjanju ali pa s predhodnim visokim žarjenjem pred hladnim vlečenjem.

Da bi dosegli željeno kvaliteto avtomatnih jekel, je potreben povečan obseg kvalitetne kon-



Slika 11

Značilna oblika porušitve na hladno vlečenih palicah jekla C.3190

Fig. 11

Characteristic shape of breaking of cold drawn rods of C 3190 steel

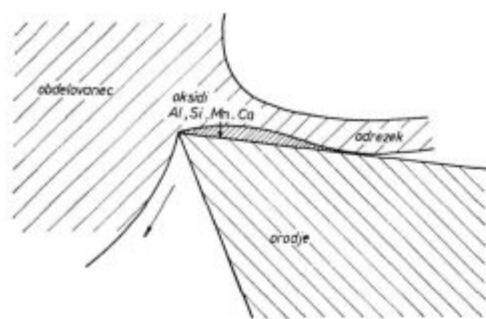
trole v vseh tistih fazah v proizvodnem procesu, ki vplivajo na končno obdelovalnost jekla. V laboratorijskem merilu pa je potrebna stalna kontrola porazdelitve S in Pb z baumanovim in wragge odtisom na presekih blumov, morfologije sulfidnih vključkov v litem in predelanem stanju ter kontrola obdelovalnosti jekla v dobavnem stanju.

4. Smeri nadaljnjega razvoja avtomatnih in obdelovalnih jekel

V kovinsko predelovalni industriji, v katero nezadržno prodira moderna tehnologija odrezovanja ter avtomatizacija procesov, postaja problematična obdelovalnost vseh jekel, ki so predmet obdelave z odrezovanjem.

Ker vidimo v železarni Jesenice na področju hladno predelanih jekel prihodnost v specializaciji kvalitetnega programa tudi v smeri t. z. obdelovalnih jekel, nadaljujemo raziskovalno delo, kako bi dosegli dobre obdelovalnosti konstrukcijskih jekel. Prvi korak v tej smeri je bil storjen že z razvojem proizvodnje svinčevih jekel. Dobre rezultate smo dosegli predvsem s kombinacijo povišane vsebnosti S ca. 0.050 % in legiranjem svinca v teh jeklih. Slabost tega načina je v neugodni morfologiji sulfidnih vključkov, kar vpliva na občutno poslabšanje fizikalnih lastnosti jekel.

Pri visokih rezalnih hitrostih, ki jih dovoljujejo moderna rezalna orodja, problema obdelovalnosti po opisani poti ni mogoče rešiti. V takem primeru je učinkovita uporaba kompleksnih dezoksidantov na bazi Ca, Mg, Zr. Z uporabo teh dezoksidantov, ki se vpihavajo v ponovco, se spremenijo sestave in s tem fizikalne lastnosti oksidnih in sulfidnih vključkov v jeklu. Izboljšanje obdelovalnosti tako izdelanih jekel pripisujemo tvorbi nekaj mikronov debele plasti oksidov, ki se med rezanjem pri velikih hitrostih tvori na rezalnih ploskvah orodja in preprečuje direkten kontakt med orodjem in nastajajočim ostružkom (sl. 12). Kompleksni dezoksidanti na bazi Ca imajo tudi vpliv na spremembo načina izločanja sulfidnih vključkov iz Typa II v Typ III (sulfidi oglate oblike, navadno slučajno porazdeljeni).



Slika 12

Položaj in nastanek zaščitnega sloja med odrezovanjem — shema

Fig. 12

Position and formation of the protective layer during cutting — schematically

Tudi naše raziskovalno delo poteka v nakazani smeri kontrolirane dezoksidacije jekel za izboljšanje obdelovalnosti. Največji problem predstavlja konstrukcijska naprava za vpihavanje prašnatih dezoksidantov v talino, kar je osnovni pogoj za uspešno tehnologijo. Odprtih pa je še veliko čisto

metalurških problemov, ki zadevajo predvsem morfologijo nemetalnih vključkov ter vsebnost kisika v jeklu.

Literatura

1. Razinger A.: Določevanje obdelovalnosti jekel za obdelavo na avtomatih po postopku struženja s konstantnim podajnim pritiskom. Metalurški zbornik, Ljubljana, 1968, št. 1, str. 21—34
2. Razinger A.: Magistrsko delo, Jesenice 1973
3. Koroušič B.: Študij dezoksidacije nekaterih polpomirjenih jekel z direktnim merjenjem aktivnega kisika v tekočem jeklu. Poročilo MI — Ljubljana 1976
4. Kveder A.: Vpliv prisotnosti svinca na lastnosti cementiranega sloja. Poročilo MI — Ljubljana 1975
5. Z. Seljak in sodelavci: Obdelovalnost domačih materialov. Poročilo LAKOS št. 782/4015-670, Fakulteta za strojništvo — Univerza v Ljubljani 1977
6. Razinger A.: Nerjavna jekla za obdelavo na avtomatih. Metalurški zbornik, Ljubljana 1970, št. 4, str. 271—277
7. Eržen P. in sodelavci: Raziskava površinskih vzdolžnih razpok na valjanih gredicah iz avtomatnega jekla Č.3990. Poročilo MI — Ljubljana 1975
8. Razinger A.: Svinec kot avtomatni dodatek v jeklih za cementacijo in poboljšanje ter njegov vpliv na predelavnost in fizikalne lastnosti jekel. Metalurški zbornik, Ljubljana 1974, št. 4, str. 203—216

ZUSAMMENFASSUNG

Die auf Automaten zu bearbeitenden Stähle — Automatenstähle — sind ein spezialisiertes Erzeugnis des Hüttenwerkes Jesenice im Rahmen des Programmes der kaltverformten Stabstähle. Die Entwicklung am Projekt der Automatenstähle hat mehr als zehn Jahre gedauert. Automatenstähle sind im Hüttenwerk Jesenice sowohl in Hinsicht der Qualität wie der Erzeugung in der Produktion eingenommen. Die Jahresproduktion der Automatenstähle erreicht ca. 10.000 Tonnen, was zugleich einen Anteil von ca. 50 % der kaltverformten Menge an Stabstählen im Hüttenwerk Jesenice darstellt.

Die Entwicklungsarbeit ist in enger Zusammenarbeit mit den Verbrauchern der Stähle und mit Hilfe des Hütteninstitutes und der Fakultät für Maschinenwesen in Ljubljana verlaufen. Der Schwerpunkt der Arbeit war an die Lösung folgender wichtigen Probleme zur Erzielung hoher Bearbeitbarkeit der Stähle gerichtet.

1. Die Legierungstechnologie für Schwefel, Phosphor, Stickstoff und Blei.

2. Kontrollierte Desoxidation zur Erzielung gezielter Sauerstoffgehalte im Stahl.

3. Ein regelmässiges Mikrogefüge des Stahles und die Verfestigung bei der Endverformung.

In der Produktion eingenommenes Stahlsortiment umfasst:

a) Kohlenstoffqualitätsstähle mit einem hohen Index der Zerspannbarkeit.

b) Kohlenstoffqualitätsstähle und niedriglegierte Einsatzstähle.

c) Hochlegierte ferritische und austenitische nichtrostende Stähle.

Die erzielte Zerspannbarkeit des eingenommenen Qualitätssortimentes der Stähle entspricht vollkommen den Forderungen der modernen Ausrüstung und der Zerspannungstechnologie. Die geleistete Arbeit stellt einen grossen Beitrag der Forscher zur Erhöhung des Stahlgüteniveaus und zu der Verminderung der Verarbeitungskosten der Stähle in der Metallverarbeiteten Industrie.

SUMMARY

The free-cutting steel is a special product of Jesenice ironworks in the program of cold worked rod steel. The research work to develop this free-cutting steel lasted over ten years. Production and the quality are satisfactory. 10,000 tpy of free-cutting steel represent about 50 % of the total amount of cold worked rod steel in Jesenice ironworks.

The research work was cooperated with steel consumers, with Institute of metallurgy, and the Faculty of Mechanical Engineering in Ljubljana. The following basic problems had to be solved in order to obtain high machinability of steel:

1. technology of adding sulphur, phosphorus, nitrogen, and lead

2. controlled deoxidation and thus controlled oxygen content in steel

3. correct steel microstructure and hardening in final working of steel

The used manufacturing program of steel includes:

a. quality carbon steel with high machinability

b. quality carbon and low-alloyed steel for cementation

c. high-alloyed stainless steel of ferrite and austenite type

The achieved machinability and the developed manufacturing program completely satisfy the demands of modern equipment and the technology of machining. The achieved research represent a great contribution of investigators in the improvement of steel quality and the reduction of costs for steel machining in metal industry.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стали для обработки на автоматах — автоматные стали — представляют собой в металлургическом заводе Железарна Есенице в пределах программы разработки холодной прутковой стали специальное изделие.

После свыше 10-ти летних исследований в металлургическом заводе Есенице работы, что касается промышленного производства, а также и качества стали, успешно закончены. Годовое производство автоматной стали представляет прибл. 10000 т., т. е. прибл. 50 % совокупного количества прутковой стали для холодной переработки в Железарне Есенице.

Исследования велись в тесном сотрудничестве с потребителями стали и при помощи металлургического завода и факультета машиноведения в Любляне. Цель работ была достижение высокой обрабатываемости стали. Для этого было необходимо разрешить следующие ключевые вопросы:

1. технология добавки серы, фосфора, азота и свинца;

2. контролируемо раскисление, а с этим контроль над содержанием кислорода в стали;

3. правильная конфигурация микроструктуры стали и соответствующее упрочнение при заключительной обработке.

Освоение обхватило следующий ассортимент сталей:

а) качественные углеродистые стали с высоким индексом обрабатываемости;

б) качественные малолегированные стали для цементации;

в) высоколегированные нержавеющей стали ферритного и аустенитного типа.

Полученная обрабатываемость и освоенный ассортимент сталей в полностью соответствовал требованиям современного оборудования и технологии обработки резанием. Выполненные работы представляют большой вклад исследователей к повышению уровня качества и уменьшения расходов при обработке этих автоматных сортов сталей в промышленной переработки.