

# Kontinuirano ulivanje jekla v železarni Štore

UDK: 669—147  
ASM/SLA: D9 q

Srečko Senčič

V zadnjem desetletju se je pričelo uveljavljati v svetu ulivanja jekla preko avtomatiziranih naprav za kontinuirno ulivanje jekla v obliki gredic, predprofilov, slabov in bram. Močno razširitev procesa kontinuirnega ulivanja jekla kaže statistični podatek, da se v svetu uliva že 12 % celotne svetovne proizvodnje surovega jekla, kar znese letno cca 70 milijonov ton. Gospodarska situacija v svetu pa še bolj pogojuje nadaljni razvoj procesa kontinuirnega ulivanja jekla, ker le-ta izkazuje velike ekonomske prednosti proti klasičnemu načinu ulivanja jekla, in sicer:

- manjša investicijska vlaganja,
- manjše delovne površine,
- večji izkoristki,
- manj delovnih operacij,
- manjši predelovalni stroški,
- manj delovne sile,
- možnosti popolne avtomatizacije procesa.

Poleg naštetih ekonomskih prednosti pa danes ugotavljamo že tudi vrsto tehnoloških prednosti. Železarna Štore je sledila razvoju procesa kontinuirnega ulivanja jekla in ga uvedla v svoj proizvodni program ob koncu leta 1973.

V članku je podan opis naprave, kratek opis uvajanja izmen ali del. skupin, tehnološki pogoji ulivanja, rezultati proizvodnje v letu 1974 in v začetku leta 1975 ter kontrola kvalitete ulitih konti gredic.

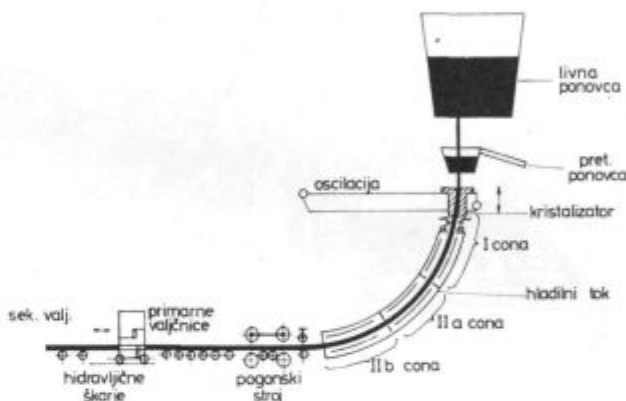
## UVOD

Štirižilna naprava za kontinuirno ulivanje jekla, na kateri se pridobijo gredice manjšega formata, je locirana v kompleksu Štore II v sklopu nove jeklarne in valjarne. Sama naprava je postavljena tako, da se livni sistem naprave nahaja v območju žerjava, ki služi za transport ponovc s tekočim jeklom od prve peči (v perspektivi tudi od druge) direktno na napravo, hladilne klopi pa so inštalirane v hali valjarne, kjer se gredice skladiščijo. S tem smo optimalno izkoristili lokacijo obeh objektov in dosegli izredno kratke transportne poti. Na napravi se uliva celotna proizvodnja jekla 40-tonske elektroobločne peči.

Srečko Senčič je diplomirani inženir metalurgije in vodja TOZD proizvodnje 114. panoge v železarni Štore

## KARAKTERISTIKE IN OPIS NAPRAVE ZA KONTINUIRNO ULIVANJE JEKLA

Instalirana naprava za kontinuirno ulivanje jekla firme Concast je proizvod francoske firme CREUSOT-LOIRE. Shema te naprave prikazuje slika 1, slika 2 pa napravo med obratovanjem.



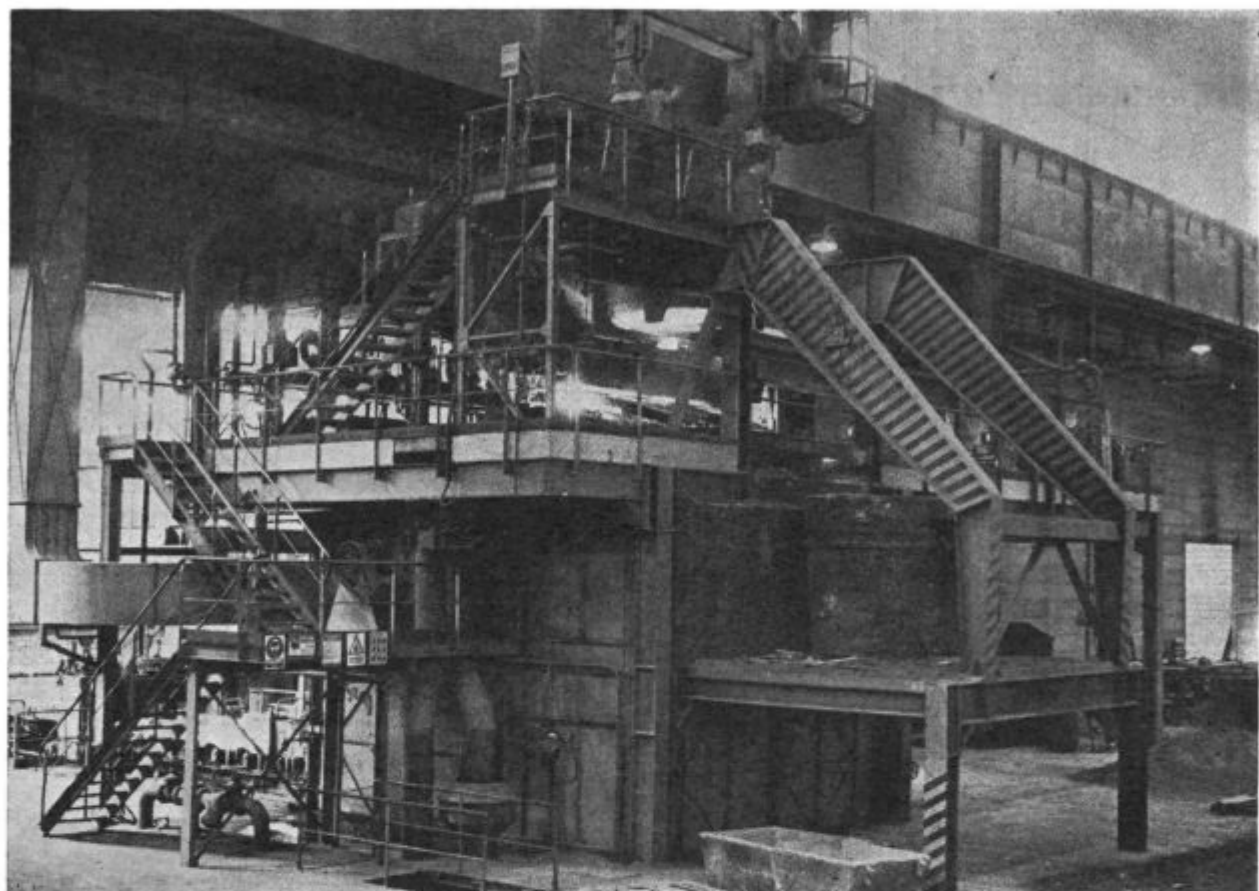
Slika 1  
Shema konti naprave

Fig. 1  
Scheme of the «conti» machine

Naprava tip S-5 je krožnoločne izvedbe in ima naslednje karakteristike:

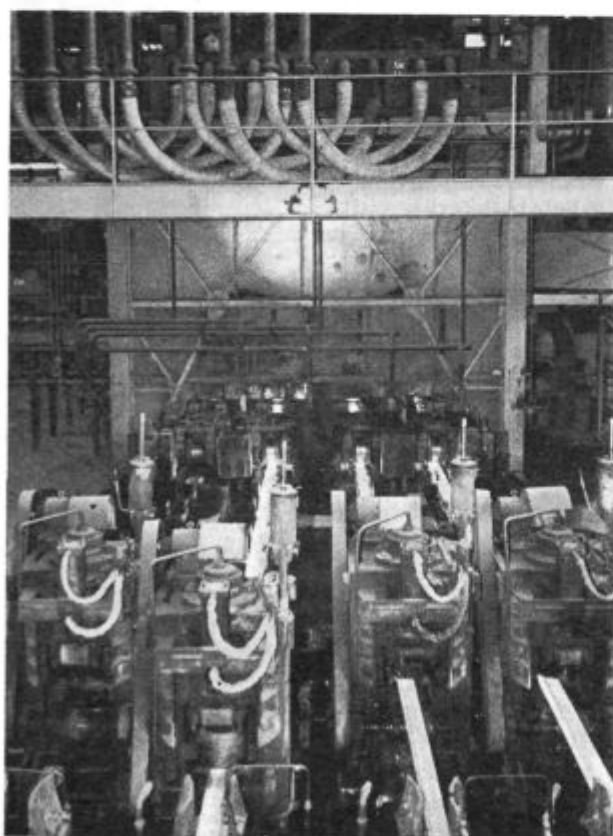
- radij naprave je 5 m,
- najvišja točka naprave je nosilec glavne ponovce na koti + 8,50 m,
- livni podest je na višini 5,40 m,
- transportni del naprave je na koti + 0,60 m,
- temelji naprave segajo v globino — 2,30 m, z izjemo dveh jaškov na koti — 5,50 m, ki služita za zbiranje odrezkov konti gredic.

Iz podanih podatkov je razvidno, da je glavni del naprave iznad nivoja in je zaradi tega zelo dostopna in enostavna za vzdrževanje. Na napravi je možno ulivati gredice v formatih 80 × 80 mm, 100 × 100 mm, 120 × 120 mm in 140 × 140 mm. Dolžine rezanja gredic so z ozirom na potrebe naše valjarne omejene na min. 2 m in max. 3 m. Možno je rezati krajše in daljše dolžine gredic, pri tem pa bi bilo potrebno izvesti delno rekonstrukcijo hladilne klopi. Letna kapaciteta naprave je 190.000 ton konti gredic ob uvedbi sekvenčnega načina vlivanja.



Slika 2 in 2a  
Kontli naprava med obratovanjem

Fig. 2 and 2a  
»Conti« machine during operation



#### Glavni deli naprave

- 1 nosilna konstrukcija naprave,
2. voziček za prevoz pretočne ponovce,
3. pretočna ponovca,
4. kristalizator z mehanizmom za oscilacijo,
5. hladilna komora,
6. vodilo gredice,
7. pogonski stroj s hidravličnim agregatom,
8. primarni del transportnih valjčnic,
9. hidravlične škarje,
10. sekundarni del transportnih valjčnic,
11. kasete z začetniki,
12. potisni napravi,
13. hladilna klop s transporterji,
14. komandni pult in strojnica.

#### Nosilna konstrukcija naprave

Je sestavljena iz težkih jeklenih nosilcev, postavljenih v betonske temelje. Na nosilcih stoji livni podest, ki je delno betoniran, ob samih kristalizatorjih pa zaščiten z ognjestalno opeko. Na nosilne stebre je vezan tudi konzolni nosilec, na katerega se odstavi ponovca s tekočim jeklom.

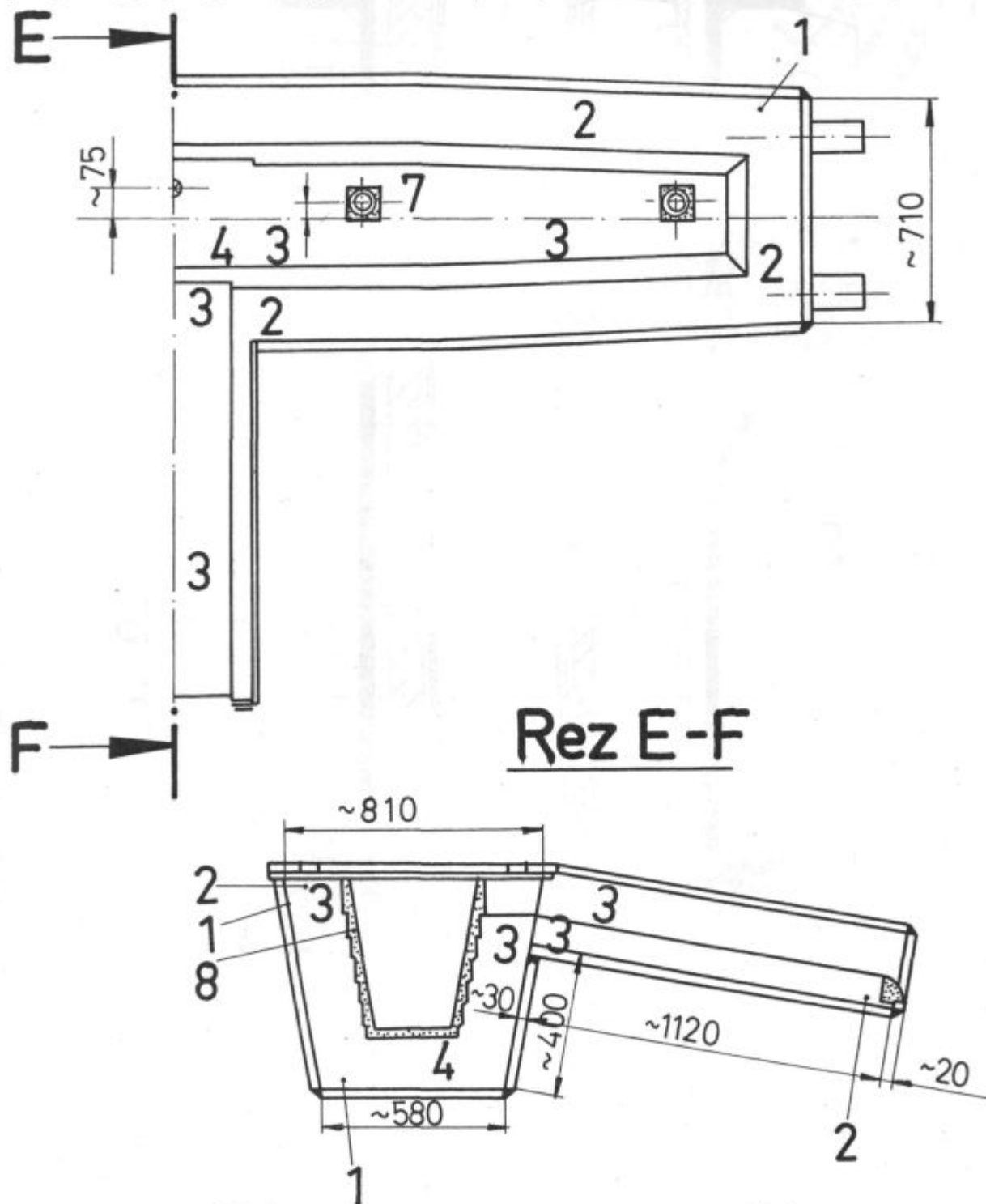
### Voziček za prevoz ponovce

Pred pričetkom odlivanja se pretočna ponovca postavi pozidana in posušena na voziček in se zapelje na mesto za predgrevanje. Ponovca se predgreva s tremi gorilniki z mešanim plinom butan-propan-zrak na temperaturo cca 1000° C. Voziček služi za prevoz ponovce iz položaja za predgrevanje v položaj pripravljenosti za pričetek odlivanja

nad posamezne kristalizatorje. Nadalje omogoča enostavno zamenjavo uporabljene pretočne ponovce po končanem ulivanju z novo ponovco.

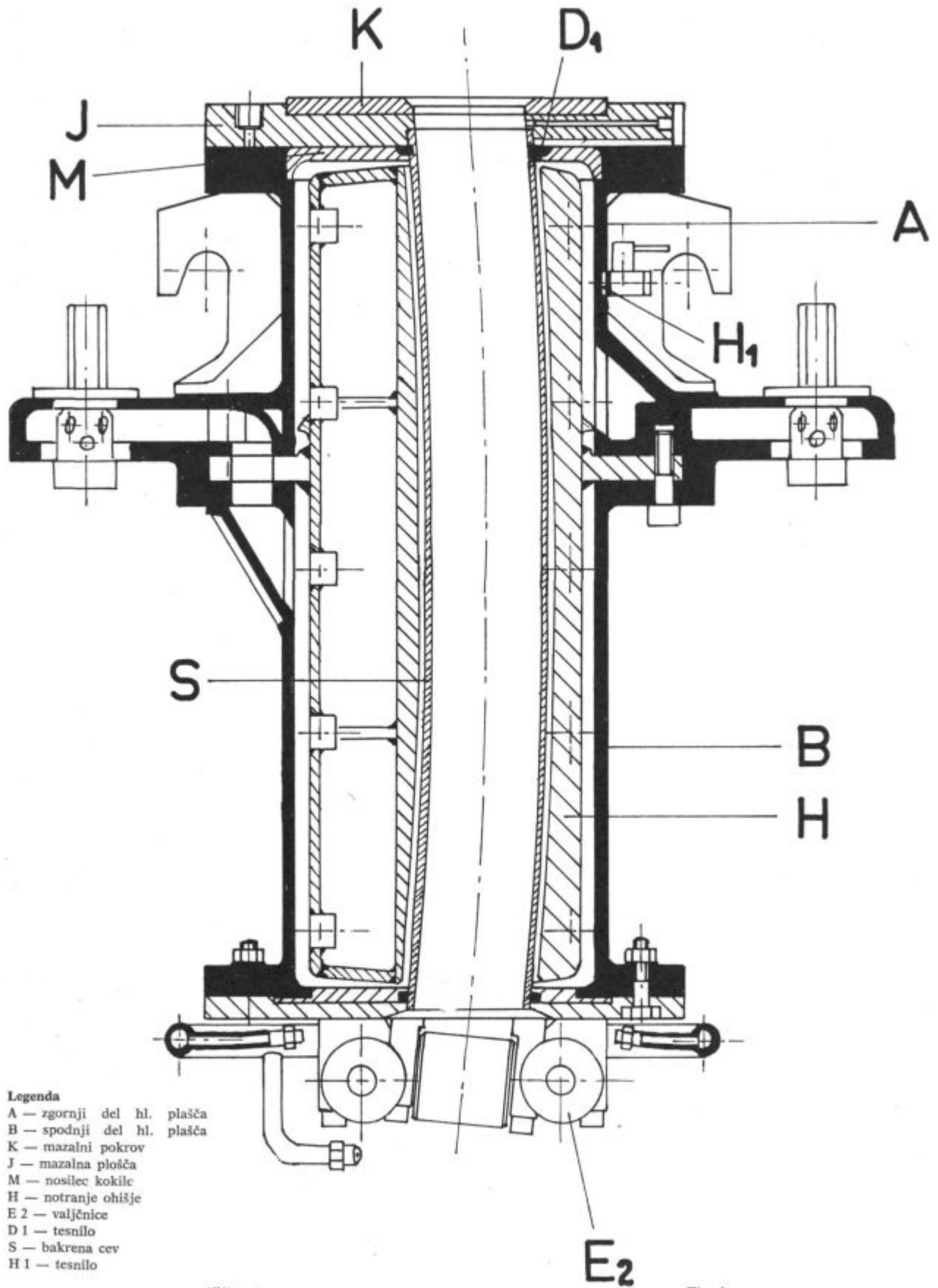
### Pretočna ponovca

Obzidava pretočne ponovce je razvidna iz slike 3. V ponovco vgrajujemo cirkonske izlivke s premerom  $\varnothing 14$  mm za odlivanje gredic  $100 \times$



Slika 3  
Pretočna ponovca

Fig. 3  
Flow through ladle



- Legenda**  
 A — zgornji del hl. plašča  
 B — spodnji del hl. plašča  
 K — mazalni pokrov  
 J — mazalna plošča  
 M — nosilec kokile  
 H — notranje ohišje  
 E 2 — valjčnice  
 D 1 — tesnilo  
 S — bakrena cev  
 H 1 — tesnilo

Slika 4  
 Kristalizator kv. 100 mm

Fig. 4  
 Mould 100 × 100 mm

100 mm, za format  $140 \times 140$  mm pa uporabljamo  $\varnothing 16,5$  mm. Do sedaj smo uporabljali izlivke v kvaliteti Zr-silikat in se ne kaže potreba po uporabi kvalitete Zr-oksida. Vzdržnost obzidave je povprečno 10 šarž, kar predstavlja porabo cca 18 kg ognjestalnega materiala na tono ulitega jekla.

### Kristalizator z mehanizmom za oscilacijo

Oblika in glavni deli kristalizatorja so lepo razvidni na sliki 4. V kristalizator vgrajujemo bakreno kokilo, zakrivljeno v radiusu 5 m. Kokila je znotraj kromirana, delno konična in je dolga 800 mm.

Koniciteta kokile za posamezne formate znaša:

Format	Koničnost od 25–400 mm	Koničnost %/m	Toleranca
$140 \times 140$ mm	2,5	1,3	$\pm 0,1$
$120 \times 120$ mm	2,0	0,9	$\pm 0,1$
$100 \times 100$ mm	2,0	0,75	$\pm 0,1$
$80 \times 80$ mm	1,5	0,45	$\pm 0,1$

Povprečna vzdržnost kokil je 120 litij, največ pa smo dosegli 324 litij. Po izločitvi se kokile ne dajo več uporabiti, z izjemo kokil, ki jih namensko izločimo ob prehodu na odlivanje kvalitetnih jekel.

Kristalizator oscilira sinusno, pri tem pa je amplituda nihaja od 0–21 mm. Regulacija se vrši z ekscentrom. Ločimo dve vrsti oscilacije glede na frekvenco nihanja in sicer:

- počasna 106 nih/min (za 120 in 140 kv.)
- hitra 158 nih/min (za 100 in 80 kv.)

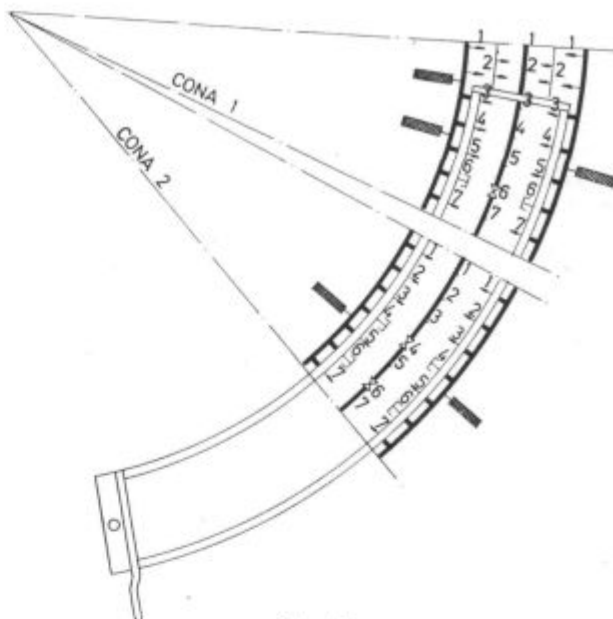
Odgovarjajočo amplitudo nihaja izračunamo glede na potrebno hitrost odlivanja.

### Hladilna komora

Je med ulivanjem zaprta in nedostopna. V radiju 5 m so postavljena 4 enodelna vodila, na enem koncu vezana kot podaljšek kristalizatorja, na drugem koncu pa postavljena na ležišče ob pogonskem stroju. Na vsakem vodilu so na vseh štirih straneh nameščene cevi s šobami za direktno hlajenje gredice z vodo. Razdelitev hladilnih con in število šob je razvidno na sliki 5.

### Pogonski stroj

Ima dve funkciji, in sicer izvlači in ravna gredice. V stroju sta vgrajena dva pogonska valja (zgornja) in dva prosto se vrteča valja (spodnja). Ker so se nam ob pričetku obratovanja gredice krivile, smo med dva prosto vrteča se valja vgradili še dva valja. Pritisk na valjih pogonskega stroja je med 12 in 20 atm, odvisno od kvalitete jekla, ki se uliva.



Slika 5  
Sekundarno hlajenje

Fig. 5  
Secondary cooling

### Hidravlične škarje

So pomične, z nastavljivo hitrostjo pomika. Pot škarij je dolga 1 m. Max. možni delovni pritisk cilindra z noži je 400 atm. Trenutno dosegamo v odvisnosti od temperature in kvalitete gredice povprečni delovni pritisk 180 atm. Vgrajeni noži vzdržijo povprečno 700 ur obratovanja.

### OBSEG UVAJANJA DELAVCEV IN OSVAJANJA TEHNOLOGIJE ULIVANJA JEKLA NA »KONTI« NAPRAVI

S »konti« napravo smo pričeli obratovati dne 29. oktobra 1973. Mesec dni smo ulivali na napravi po eno ali dve šarži z eno izmeno. Istočasno pa smo priučevali delavce za formiranje druge izmene. S 1. decembrom smo prešli na dvoizmenski način dela in takoj pričeli s priučevanjem delavcev za tretjo izmeno. Po treh mesecih poizkusnega obratovanja smo prešli na troizmenski način dela. Na štiriizmenski način dela pa smo zaradi pomanjkanja delavcev prešli šele 20. maja 1974.

Že po treh mesecih smo lahko zasledili zelo ugodne ekonomske učinke, ki so bili rezultat hitrega usposabljanja delovne sile in osvajanja tehnologije ulivanja različnih kvalitet jekel. Tabela 1 podaja pregled vrst jekel, ki smo jih osvojili v tromesečnem obdobju obratovanja. Nadalje tabela podaja karakteristične pogoje vlivanja, ki jih dosegamo.

Po doseženih rezultatih smo usmerili osvajanje in raziskovalno delo v letu 1974 predvsem na:



Tabela 1 — Tehnološki parametri iz osvajanja odlivanja jekel na konti napravi

Vrsta jekla		Temperatura v peči	Temperatura v ponovci	Temperatura v pretočni ponovci	Hitrost ulivanja	Izplen
JUS	DIN	°C	°C	°C	m/min	%
Č. 0200	St 37 — 11	1650 — 1660	1630 — 1640	1570 — 1580	2,8 — 3,3	98
Č. 1121	Ck 10	1650 — 1660	1630 — 1640	1570 — 1580	2,8 — 3,3	98
Č. 1531	Ck 45	1630 — 1640	1610 — 1620	1550 — 1560	2,7 — 3,0	98
Č. 1731	Ck 60	1610 — 1620	1590 — 1600	1530 — 1540	2,5 — 3,0	98
Č. 2133	55 Si 7	1590 — 1600	1590 — 1600	1530 — 1540	2,2 — 2,8	97
Č. 3134	50 Mn 7	1630 — 1640	1610 — 1620	1540 — 1550	2,5 — 3,0	97
Č. 4732	42 Cr Mo 4	1630 — 1640	1610 — 1620	1540 — 1550	2,5 — 3,0	97

— postopno optimizacijo izkoriščenosti »konti« naprave, izpopolnjevanja tehnologije in dokumentacije tehnoloških predpisov,

— izpopolnitev instalirane opreme in potrebne dodatne opreme,

— izpopolnitev celotne tehnologije od izdelave šarže v elektropeči do končnega izdelka za najpomembnejše skupine nizkolegiranih konstrukcijskih jekel,

— sistematično primerjavo stroškov med »konti« gredico in gredico, izvaljano na blumingu,

— osvajanje ulivanja novih kvalitet nizkolegiranih konstrukcijskih jekel.

Rezultati izvajanja sprejete usmeritve v osvajanje in raziskovalno delo se kažejo v proizvodnih rezultatih za leto 1974, še bolj izrazito pa v prvih štirih mesecih leta 1975 in jih podaja tabela 2.

Iz tabele je razvidno, da imamo v letu 1974 po mesecih največji izpad proizvodnje konti gredic pod postavko »ostale napake«, temu pa sledita skoraj z enakim količinskim deležem »predori in spuščanje zamaška«.

Pod »ostale napake« razvrščamo vse šarže, ki se niso dale uliti do konca na konti napravi zaradi tehnoloških napak (slabo dezoksidirana šarža, prenizka temperatura, previsoka vsebnost aluminija) in elektromehanskih okvar konti naprave.

Pri tem je delež tehnoloških napak 75 %. Bistven napredek je opazen v zadnjih mesecih leta 1974 in v prvih mesecih letošnjega leta, ko smo se odločili, da v primeru, če se naprava pokvari, prenehamo z ulivanjem jekla v kokile, temveč vračamo jeklo v peč.

Še boljše rezultate pa pričakujemo, ko bomo nadomestili zamašni drog s hidravličnim zasunom in z vgraditvijo mehanizma za avtomatsko regulacijo hitrosti ulivanja na konti napravi.

#### Kvaliteta materiala

Ob pričetku obratovanja smo uvedli kontrolo kvalitete konti gredic in jo razdelili na dve področji:

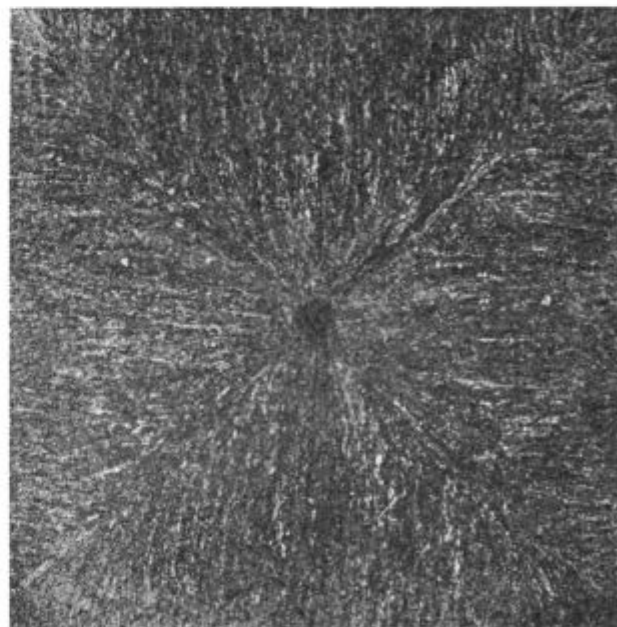
1. vizuelna kontrola,
2. analiza in raziskava odvzetih vzorcev posameznih šarž in žil.

Ker bomo o metodah kontrole kvalitete konti gredic podali v enem od naslednjih prispevkov širšo informacijo, ne navajam površinskih napak in metod kontrole. Poudariti pa je potrebno, da je medfazna kontrola konti gredic med jeklarno in valjarno osnovni pogoj za kvaliteten polizdelek in doseganje visokih izkoristkov pri valjanju.

Pri vrsti raziskav na odvzetih vzorcih smo zasledovali predvsem pojave:

- poroznosti tik pod površino in v centru,
- notranjih razpok,
- nekovinskih vključkov,
- segregacije.

Poroznost tik pod površino smo zasledili takoj v začetku pri izdelavi mehkih kvalitet. Z izpopolnitvijo dezoksidacijskega postopka in z limitiranjem spodnje meje vsebnosti silicija v jeklu na 0,20 % omenjene napake ne zasledimo več.



Slika 6  
Jeklo Č. 0200 — centralna poroznost  
Fig. 6  
Steel C. 0200 — central porosity

Tabela 2 — Proizvodnja konti gredic 1974

	Skupaj	Jan.	Febr.	Marec	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Avg.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Proizvodnja (t)	45.293	2.422	3.620	3.753	3.661	4.177	4.402	3.842	4.261	4.360	4.251	4.388	5.224
Štev. šarž	1.210	64	94	98	94	106	108	96	105	110	104	104	125
Odlito v kokile (t)	3.072	633	332	164	281	242	295	335	193	358	193	—	45
Odlito v kokile (%)	6,8	26,0	9,2	4,4	7,6	5,8	6,6	8,7	4,5	8,1	4,5	—	0,9
Spušč. zamaška (t)	465	75	102	—	24	26	—	104	32	36	66	—	—
Spušč. zamaška (%)	1,1	3,2	2,8	—	0,6	0,8	100	48	60	44	46	—	—
Predori (t)	493	110	—	49	35	—	—	2,8	0,7	0,8	1,5	—	—
Predori (%)	1,1	4,5	—	1,3	0,9	—	2,2	1,2	1,5	1,0	1,0	—	—
Ostale napake (t)	2.124	448	230	115	222	216	195	183	101	278	91	—	45
Ostale napake (%)	4,6	18,3	6,4	3,1	6,1	5,0	4,4	4,7	2,3	6,3	2,0	—	0,9

Proizvodnja konti gredic 1975

Proizvodnja (t)	20.069	4.666	5.132	5.136	5.135
Štev. šarž	487	115	123	126	123
Povratek (t)	502	141	74	178	109
Povratek (%)	2,5	3,0	1,4	3,4	2,1
Spuš. zamaška (t)	126	65	20	38	3
Spuš. zamaška (%)	0,7	1,5	0,4	0,8	—
Predori (t)	91	23	14	41	13
Predori (%)	0,4	0,4	0,3	0,7	0,3
Ostale napake (t)	285	53	40	99	93
Ostale napake (%)	1,4	1,1	0,7	1,9	1,8

Centralna poroznost se pogosto pojavlja kot posledica ulivanja hladnega jekla z visoko livno hitrostjo. S pravilno nastavitvijo tehnoloških pogojev in regulacijo hladilne vode se centralna poroznost omeji na minimum, kot je primer na sliki 6. Izvršene raziskave so nam pokazale, da pojav centralne poroznosti v omenjenem primeru (do 50 mm) ni nevaren, saj se material pri minimalni stopnji redukcije 6:1 pri valjanju zavari.

Notranje razpoke. V začetku smo opazili dva tipa razpok:

- diagonalne razpoke,
- razpoke ob robovih.

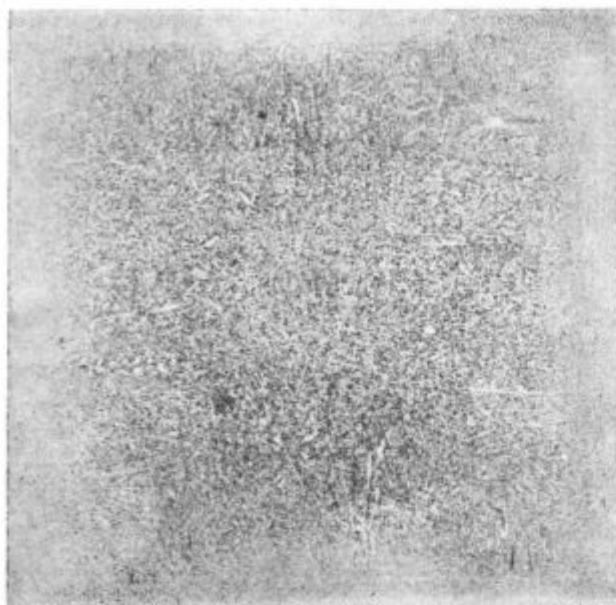
Vzrok za pojav obeh tipov napak je bil v enakomernem sekundarnem hlajenju, prevelikih hitrostih ulivanja, previsokih temperaturah, kakor tudi pomanjkljivi predpripravi določenih delov naprave.

Danes se te napake pojavljajo občasno in so posledica izključno slabe predpriprave določenega dela naprave.

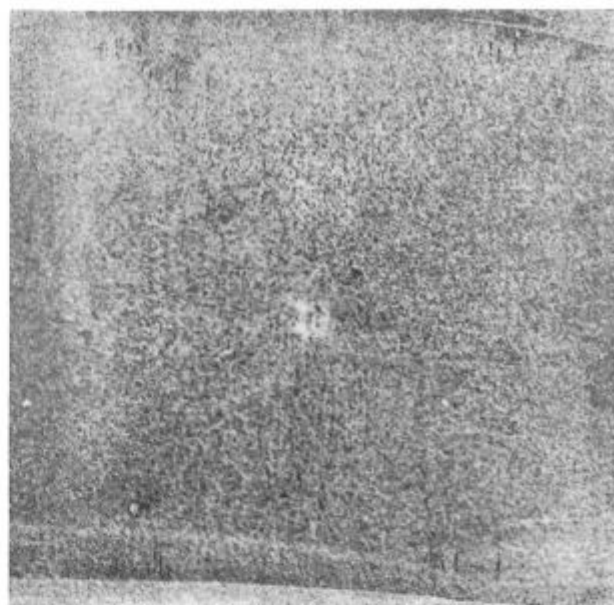
*Nemetalni vključki.* Izvršene so bile mikroskopske preiskave tako v železarni Štore kot na metalurškem inštitutu. Rezultati preiskav na optičnem mikroskopu in na elektronskem mikroanalizatorju so pokazali, da se pri tehnologiji izdelave šarž, ki temelji na dezoksidaciji s silicijem ustvarja večja količina oksidov in silikatov neugodne oblike, kot je dopustno za kvaliteta jekla. Zato smo izvedli nekatere korekture v uporabi dezoksi-

Tabela 3 — Nemetalni vključki v jeklu po J. K. skali

St. šarže	Vrsta jekla	Sulfidi	Aluminati	Silikati	Oksidi	Vsota
0351	Č. 2130	0,28	0,24	0,36	2,20	3,08
0353	Č. 2130	0,20	0,40	0,12	1,32	2,04
0354	Č. 2130	0,16	—	0,16	2,28	2,60
1259	Č. 1431	0,86	0,06	0,73	1,33	2,98
1263	Č. 1531	1,26	0,16	—	1,23	2,65
1318	Č. 1331	1,50	0,20	—	1,03	2,73
1386	Č. 1221	0,70	0,03	0,66	1,10	2,49



Slika 7  
Baumanov odtis  
Fig. 7  
Sulphur print



Slika 8  
Makrostruktura gredice — C. 2330  
Fig. 8  
Macrostructure of the billet — C. 2330

dantov, za kvalitetna jekla pa smo uvedli prepričanje z argonom.

Tabela 3 podaja oceno vključkov po primerjalnih etaloni J. K. skale za različne kvalitete, izdelane v različnih obdobjih obratovanja.

*Segregacija.* Baumanov odtis kaže, da je stopnja segregacije žvepla nepomembna in da je žveplo porazdeljeno enakomerno na presek (slika 7).

Nadaljne preiskave vzorcev iste žile ob začetku in koncu ulivanja so pokazale zavidljivo homogenost kemične sestave jekla. Edino nihanje smo zasledili v vsebnosti fosforja med vzorcem, vzetim na začetku in koncu ulivanja.

#### Mehanske lastnosti

Izvršena je bila vrsta preiskav, kjer smo primerjali mehanske lastnosti polizdelkov, izvaljanih iz konti gredic in iz ingotov. Vsi rezultati so pokazali, da v mehanskih lastnostih ni bistvenih razlik, do izraza pa so prišle določene prednosti konti

gredic kot finejše in bolj homogeno zrno in minimalne izceje. Povzetek osnovnih pokazateljev preiskav podaja tabela 4.

#### Zaključek

Konti naprava je upravičila svoj namen postavitve, pri tem je bil dosežen dober kvaliteten nivo proizvedenih gredic, prav tako pa so bile izpolnjene vse predvidene zahteve glede produktivnosti, vklopitve naprave v jeklarski proces, načina vzdrževanja, kakor tudi zamenjava določenih delov naprave, ki smo jih sami postavili.

Z novo tehnologijo ulivanja jekla so bili doseženi pričakovani ekonomski učinki, dosegli smo veliko razbremenitev delovne sile v jeklarni, ostale pa so odprte velike možnosti nadaljne optimizacije proizvodnje z manjšimi investicijami, ki zagotavljajo še večjo eksploatacijo jeklenih proizvodov.

Izvor materiala	Kvaliteta	C %	Mn %	Profil mm	Meja lezenja kp/cm <sup>2</sup>	Raztezek %	Trdnost kp/cm <sup>2</sup>
Konti gredica	Č. 1220	0,14	0,46	10	34,4	46,8	28,9
Ingot	Č. 1220	0,14	0,50	10	32,8	46,4	26,0
Konti gredica	Č. 2330	0,61	1,10	25 × 12	136,8	147,8	7,2
Ingot	Č. 2330	0,61	1,03	25 × 12	130,1	139,4	9,1



## ZUSAMMENFASSUNG

Im Hüttenwerk Store ging am 29. Oktober 1973 im neuen Elektrostahlwerk die Knüppelstranggiessanlage in Betrieb. Nach einer sehr kurzen Inbetriebnahmezeit ist auf dieser Anlage eine grössere Anzahl der Kohlenstoff- und Niedriglegierten Stähle in Betrieb eingenommen worden. Die Produktionsergebnisse im Jahre 1974 und im Anfang dieses Jahres, sowie auch die Untersuchungen der Stahlqualität zeigen, dass die Einschliessung der neuen Anlage in den Stahlerzeugungsprozess im vollen Ausmass erfolgt ist.

Die Stranggiessanlage ist für das Giessen der Knüppel von 80 bis 140 mm im Querschnitt gebaut. Die Kapazität der Anlage ist zur Zeit noch nicht voll ausgenutzt, da sie nur von einem 40 t Lichtbogenofen versorgt wird. Nach der Aufstellung des zweiten Lichtbogenofens und nach Erreichung der geplanten Produktion wird die Anlage optimal ausgenutzt.

## SUMMARY

In Store ironworks the new continuous casting machine was given in operation on October 29<sup>th</sup>, 1973 in connection to the new steel-work. After extremely short testing operation casting of greater number of carbon and low alloyed steel was set in normal production. Production results in 1974 and in the beginning of this year show that introduction of the new machine into the steel-making process was completely successful.

The continuous casting machine where square billets from 80 to 140 mm can be cast is not fully exploited at the moment as steel is produced in 40 t electric arc furnace. Installing the second electric arc furnace will enable optimal exploitation of the casting machine and the planned production will be achieved.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

29. октября 1973 г в Металлургическом заводе Шторе, в составе нового сталеплавильного цеха пущена в эксплуатацию установка для непрерывной разливки стали. Уже после очень короткого времени пробной работы на устройстве усвоили изготовление сравнительно большого количества разных качеств углеродистой и низколегированных сортов стали. Полученные положительные результаты производства 1974 г а также в течении этого года,

кроме того исследования качества материала показали, что включение новой установки в процесс производства стали вполне удачно. Но пока эта установка для непрерывной разливки квадратов 8—140 мм не вполне использована, так как мощность электродуговой печи всего 40 т. установка для непрерывного литья будет использована вполне, как только будет выполнен монтаж второй электродуговой печи.