

Penetracija na jeklenih ulitkih

Članek obravnava ugotovitve nekaterih tujih avtorjev o pojavi penetracije na jeklenih ulitkih. Predvsem se naslanja na Poročilo št. 24 odbora VDG za formarske in pomožne livarske materiale in na članek »Pojav penetracije na jekleni litini pri različnih formarskih mešanica«. Podanih je tudi nekaj domačih izkušenj pri opazovanju penetracije na ulitkih iz nelegiranega, malolegiranega in manganskega jekla.

Uvod

Ce plast peska okrog ulitka po litju ne odpade sama od sebe, govorimo o napaki, ki jo livarji imenujejo »pripečen pesek«, »pritaljen pesek«, »peščena skorja«, »krasta« in podobno. Mednarodna klasifikacija napak loči tri oblike te napake:

S kodo 4221 je označena napaka, ki jo naš Atlas napak¹ imenuje »pripečen pesek«. To je tenka plast peska, ki se lahko drži ulitka.

S kodo 4221 je označena napaka »pritaljen pesek«. To je plast nataljenega peska, ki se trdno drži ulitka.

S kodo 1210 je označena napaka »pripečenje«. To je debela plast peska, prepojenega s kovino iz ulitka. Ta plast se ne more odstraniti s peskanjem. Navadno se pojavi na tistih površinah masivnih ulitkov, kjer se toplota slabo odvaža. Nastane zaradi penetracije jekla v material forme ali jedra.

Zadnja od naštetih livarskih napak povzroča mnogo izmečka ali zamudnega čiščenja ulitkov. Izgleda, da je problem tudi v tujih livarnah pereč, saj se z njim ukvarjajo mnogi avtorji po strokovnih časopisih. Nedavno sta izšla v reviji Giesserei dva članka^{2, 3}, ki opisujeta sistematične raziskave, izvršene v zadnjem času na tem področju. Tu hočemo podati nekaj ugotovitev tujih raziskav in nekaj lastnih izkušenj.

POROČILO ŠT. 24 ODBORA VDG ZA FORMARKE IN POMOŽNE LIVARSKE MATERIALE (izvleček)²

Namen raziskav

Poročilo opisuje rezultate raziskav, katerih namen je bil ugotoviti vpliv zrnatosti peska, dela za nabijanje, ferostatičnega pritiska, livne temperature in višine litja na penetracijo pri nelegiranih jeklih.

Zrnatost peska

Za poizkuse so uporabljali pesek Haltern različnih zrnatosti z oznakami H 35, H 34, H 33, H 32, H 31 in H 30.

Delo za nabijanje

To spremenljivo so spreminjali z nastavitvijo različnih časov nabijanja — 5, 10, 15 in 20 sekund. Tako so dobili različne stopnje dela za nabijanje, ki je bilo v mejah od 16 do 82 kpm.

Ferostatični pritisk

Spreminjali so ga z različno višino nalitka. Višina je bila 200, 300, 400 in 500 mm.

Temperatura litja

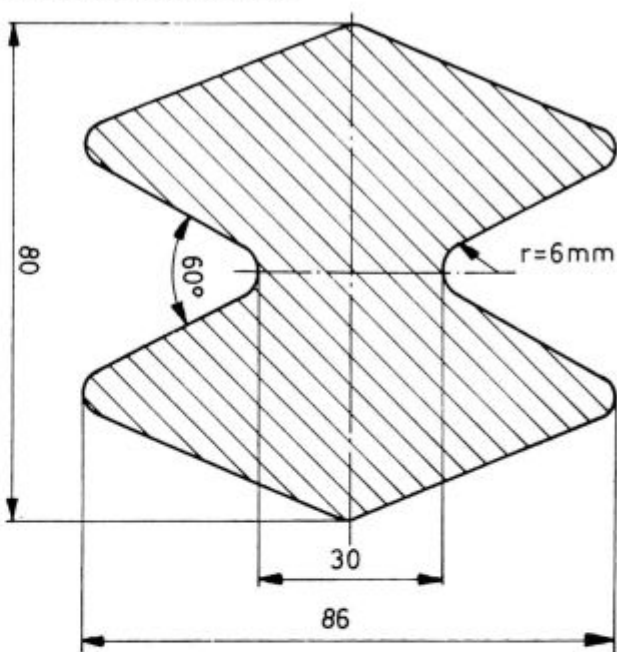
Temperaturo litja so spreminjali od 1580° C do 1660° C.

Višina litja

Merili so jo od dna forme do nivoja taline v ponovci. Spreminjala se je od 1350 mm do 1900 mm.

Proba za merjenje penetracije

Prerez probe kaže slika 1. Kot 60° na ulitku je najbolj občutljiv za penetracijo. Volumen penetracije se lahko izračuna iz višine, širine in debeline penetriranega sloja.

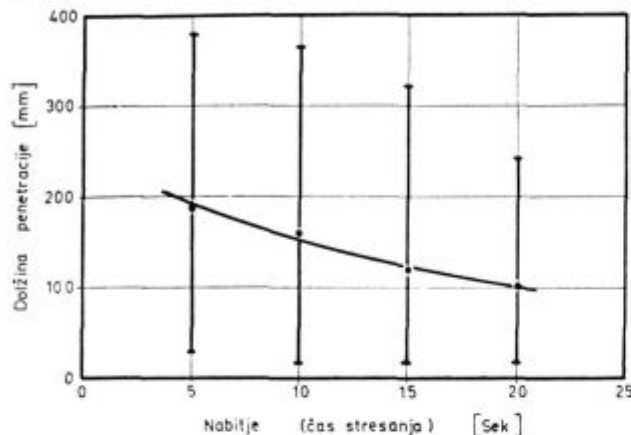


Slika 1
Presek probe za penetracijo²

To je dokaj neprikladen način merjenja. Obstaja zakoniti odnos med volumnom in dolžino penetracije in so zaradi prikladnosti penetracijo izražali kar z dolžino.

Rezultati raziskav

Na sliki 2 vidimo vpliv nabijanja na stopnjo penetracije. Srednje vrednosti ležijo na krivulji, ki je pri krajših časih nabijanja bolj strma, pri večjih časih pa bolj položna. To pomeni, da z izredno dolgim časom nabijanja ne pridobimo mnogo, pri kratkih časih pa je vpliv časa večji.

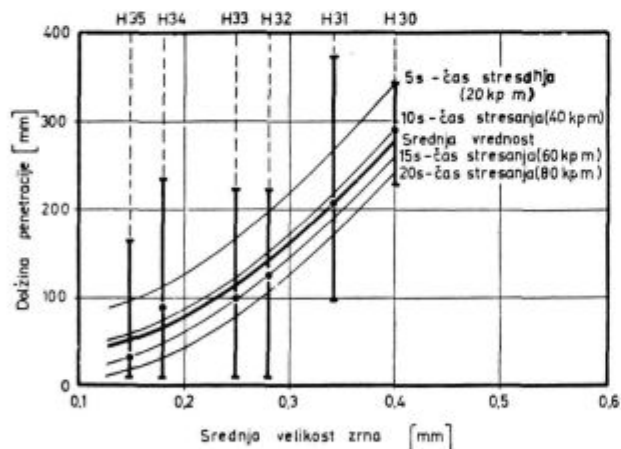


Slika 2

Sprememba dolžine penetracije v odvisnosti od dela nabijanja²

Čas 5 sekund ustreza približno delu 20 kpm. Trosenje rezultatov je izredno veliko, posebno pri krajših časih nabijanja.

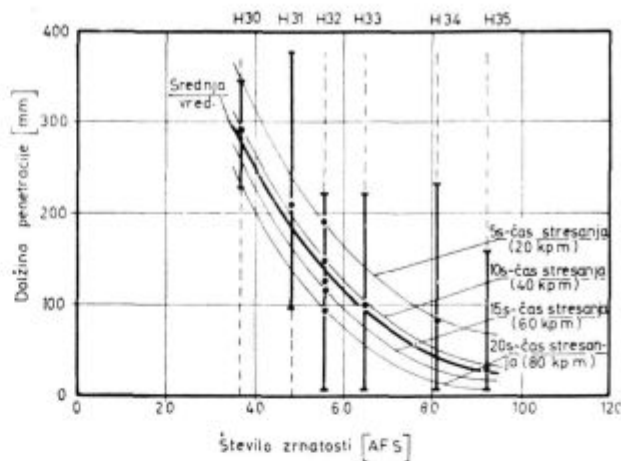
Slika 3 prikazuje odvisnost penetracije od srednje velikosti zrna. Debela črta predstavlja srednje vrednosti 16 meritev in je dokaj zanesljiva.



Slika 3

Sprememba dolžine penetracije s srednjo velikostjo zrna peska²

Trosenje je tudi tu zelo veliko. Za boljšo orientacijo so dodatno navedene tudi oznake uporabljenih peskov. Na sliki 5 vidimo tudi, da je penetracija pri krajšem času nabijanja večja kot pri daljšem. Velikost zrna peska se navadno definira tudi s številom zrnatosti po AFS. Odvisnost penetracije od števila zrnatosti je podana na sliki 4. Vidimo, da je to pravzaprav obratna slika diagrama na sliki 3.

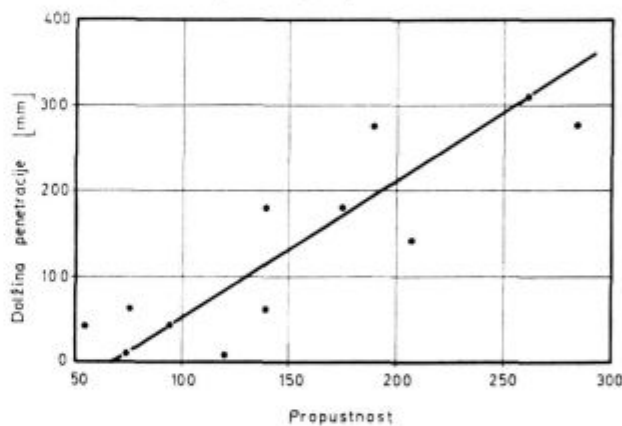


Slika 4

Sprememba dolžine penetracije s številom zrnatosti peska²

To je popolnoma razumljivo, saj je število zrnatosti po AFS samo drug izraz za velikost zrn.

Z velikostjo zrna in stopnjo nabijanja je določena propustnost za pline. Ta je za penetracijo jekla zelo pomembna, ker predstavlja merilo za srednji premer por med zrni. Čim manjši je srednji premer por, tem manjša je penetracija. Odvisnost penetracije od propustnosti kaže slika 5.



Slika 5

Sprememba dolžine penetracije s propustnostjo²

Pri istem pesku je penetracija odvisna od gostote nabijanja in trdote forme.

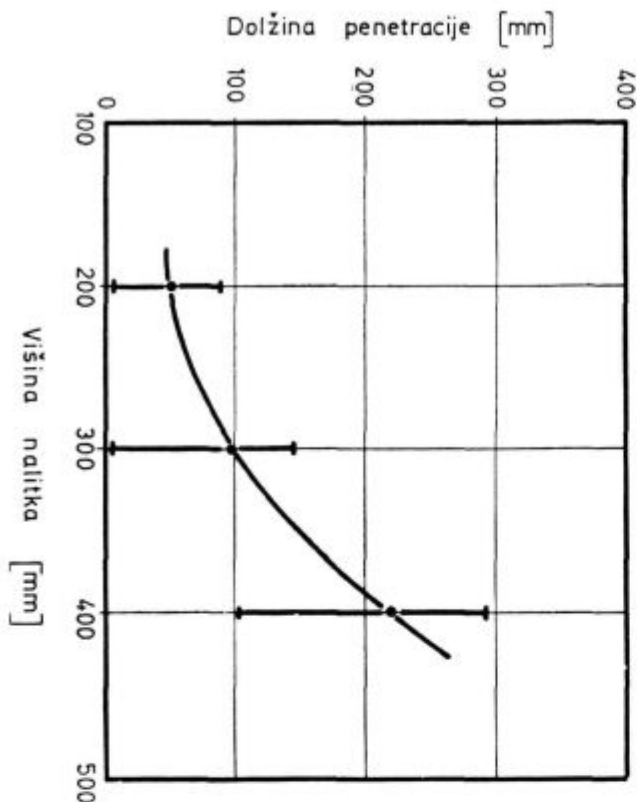
Vpliv ferostatičnega pritiska na penetracijo je zelo očiten. Odnose prikazuje slika 6.

Srednja vrednost poteka krivulje je potrjena s 16 meritvami. Trosenje tu ni tolikšno kot pri prej opisanih parametrih. Višina vliivanja na penetracijo ni imela vidnega vpliva. Tudi vpliv livne temperature ni očiten.

POJAV PENETRACIJE NA JEKLENI LITINI PRI RAZLIČNIH MEŠANICAH³

Namen raziskav

Glavni namen te raziskave je bil ugotoviti vpliv dodatka cirkonitnega, kromitnega in olivinskega peska mešanici iz kremenčevega peska. Te dodatke so dodajali svežim mešanici, ki se v zad-



Slika 6

Sprememba dolžine penetracije s ferostatičnim pritiskom (pesek H 35)²

njem času vse bolj uporabljajo za litje tudi večjih ulitkov. Pri tem pa seveda naletimo na problem penetracije.

Prva vrsta poizkusov

Pri konstantnih vrednostih dodatkov bentonita, škroba in vode so opazovali vpliv **ferostatičnega pritiska** in **nabijanja** na penetracijo čistih kremenčevih peskov H 32 in H 34 ter cirkonitnega, kromitnega in olivinskega peska.

Druga vrsta poizkusov

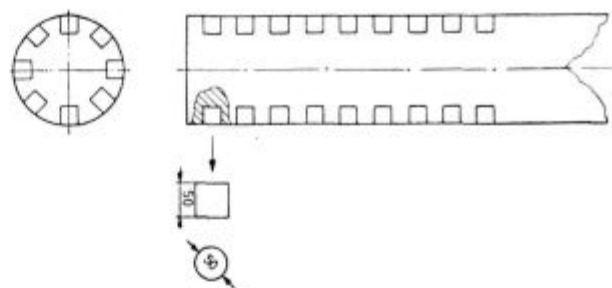
Raziskovali so vpliv dodatkov cirkonitnega, kromitnega in olivinskega peska kremenčevemu pesku, pri tem pa so bili konstantni dodatki bentonita, škroba in vode.

Tretja vrsta poizkusov

Raziskovali so vpliv povečanega dodatka škroba pri konstantnih vrednostih nabijanja, bentonita in vode.

Proba za merjenje penetracije

Pri vseh treh serijah poizkusov je bila uporabljena proba, ki jo kaže slika 7.



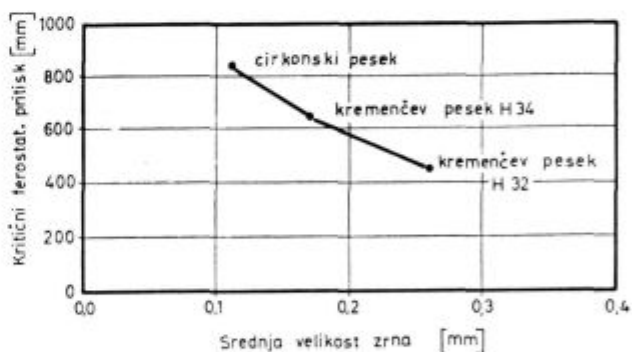
Slika 7

Probni ulitek za merjenje volumna penetracije

V valj premera 320 mm so vstavljali jedra iz preizkusnih mešanic. Jedra imajo dimenzije standardnih vzorcev za preiskavo mešanic. Tak način ima to prednost, da so lastnosti vsakega jedra točno poznane. Volumen penetracije se meri po peskanju ulitka. V odprtino, ki je nastala zaradi odpadlega peska po peskanju, se nalije izmerjene količine vode.

Rezultati raziskav

Prva vrsta poizkusov je pokazala, da se pri kremenčevih peskih H 32 in H 34 ter pri cirkonitnem pesku volumen penetracije pri določenem ferostatičnem pritisku naenkrat zelo poveča. Ta pritisk imenujemo **kritični ferostatični pritisk**. Kromitni in olivinski pesek nista pokazala takega skoka penetracije. Odvisnost kritičnega ferostatičnega pritiska od vrste peska kaže slika 8.



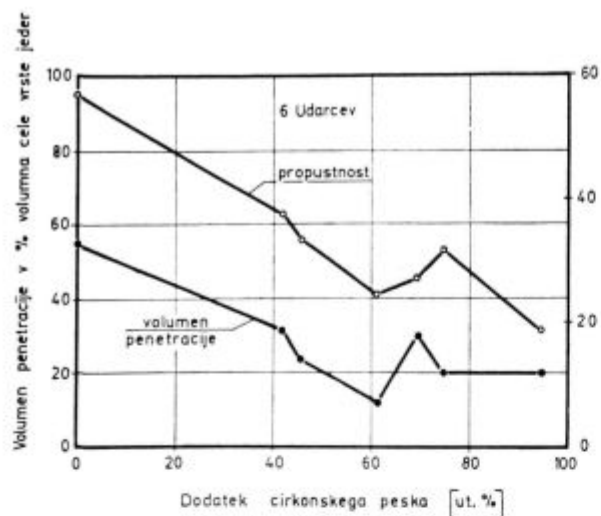
Slika 8

Kritični ferostatični pritisk v odvisnosti od velikosti zrna različnih peskov pri 6 udarcih³

Pri tej vrsti poizkusov se je tudi pokazalo, da penetracija skoraj pri vseh preizkušanih vrstah peskov pada s številom udarcev nabijanja, v istem smislu pa kritični ferostatični pritisk raste.

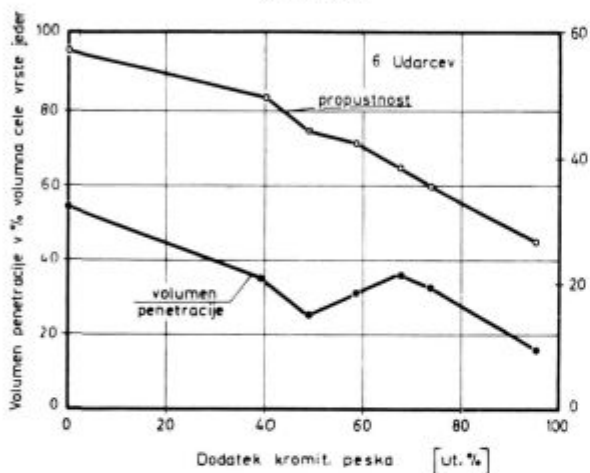
Vpliv dodajanja cirkonitnega, kromitnega in olivinskega peska na penetracijo in propustnost kažejo slike 9, 10 in 11.

Zanimivo je, da penetracija pada skoraj v istem smislu kot propustnost. Iz tega bi skoraj lahko



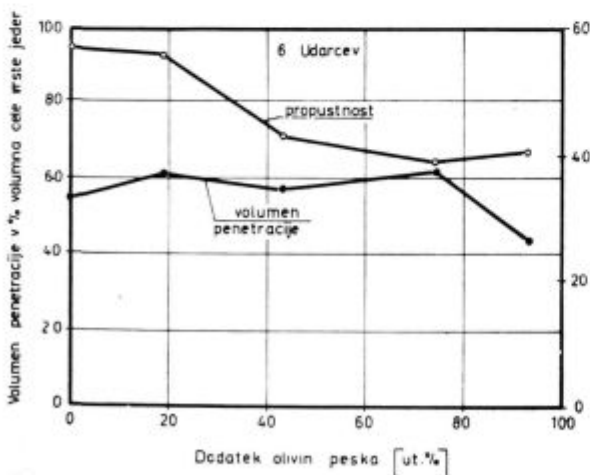
Slika 9

Volumen penetracije in propustnost v odvisnosti od dodajanja cirkonskega peska kremenčevemu pesku H 34 pri 6 udarcih¹



Slika 10

Volumen penetracije in propustnost v odvisnosti od dodajanja kromitnega peska kremenčevemu pesku H 34 pri 6 udarcih¹

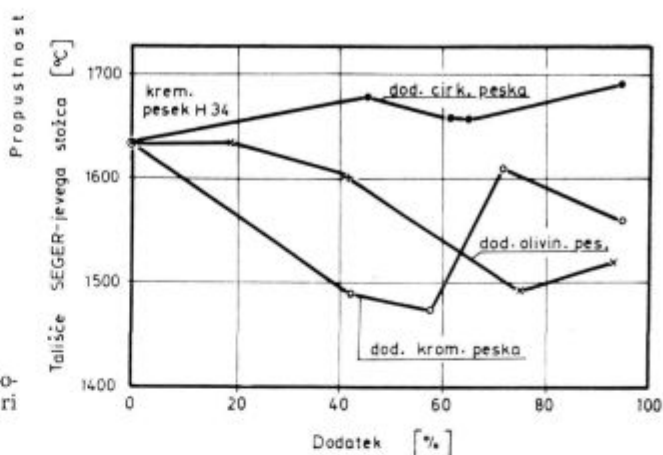


Slika 11

Volumen penetracije in propustnost v odvisnosti od dodajanja olivinskega peska kremenčevemu pesku H 34 pri 6 udarcih¹

sklepali, da vpliva na penetracijo bolj propustnost, kot pa kemijska sestava zrna.

Dodatek kromitnega in olivinskega peska kremenčevemu pesku znižuje zmečkaišče mešanice. To dokazuje slika 12.

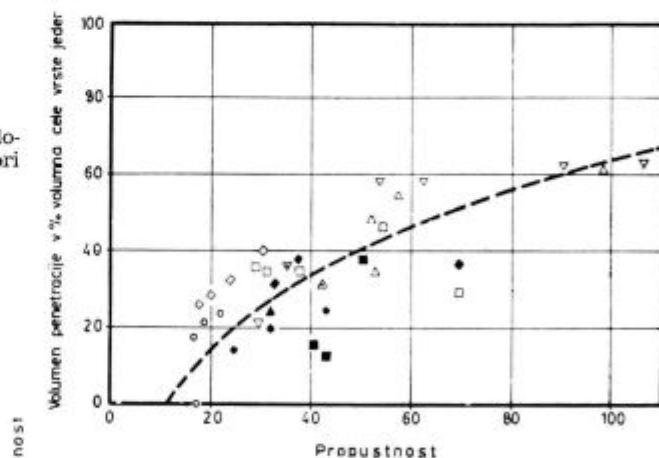


Slika 12

Vpliv dodatkov cirkonitnega, kromitnega in olivinskega peska na tališče kremenčevega peska H 34¹

Zato dodajanje teh dveh peskov ne pride v poštev. Jedra iz teh mešanic so imela sicer majhno penetracijo, zato pa so se znatno deformirala pod vplivom visokih temperatur.

Pri približno enakih dodatkih veziv in vode je penetracija padala z zmanjšano propustnostjo. Odnose kaže slika 13.



Slika 13

Odvisnost volumna penetracije od propustnosti pri različnih mešanicah s približno enako vsebnostjo škrobnega veziva¹

Trosenje je sicer znatno, vendar je jasno vidna tendenca zmanjšanja penetracije s padajočo propustnostjo.

Povečan dodatek škroba je sicer zmanjšal propustnost, vendar je kljub temu vplival na povečanje penetracije in zmanjšanje kritičnega pritiska.

Zaključki

Kritični ferostatični pritisk mora biti poznan, da ga ne bi prekorčili.

Pesek z manjšim zrnom lahko zveča kritični ferostatični pritisk.

Zaradi pocenitve mešanice se lahko cirkonitnemu pesku dodaja okrog 40 ut. % kremenčevega peska H 34. Priporoča se tudi uporaba peska s širšim območjem porazdelitve zrn.

Uporaba čistih kromitnih olivinskih peskov je omejena zaradi prenizkega zmehčišča. Morda bi bila možna ob uporabi drugih veziv. To se še raziskuje.

Mešanice kremenčevega peska s kromitnim in olivinskim niso uporabne.

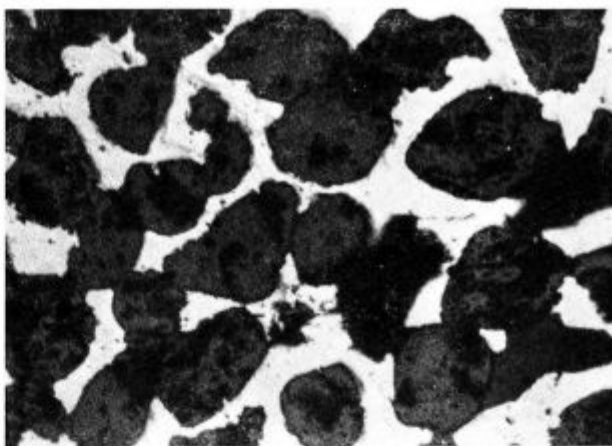
Dodatek škroba je treba omejiti.

Formarski material je treba čim bolj tesno nabiti, če hočemo zmanjšati penetracijo. Pri tem je treba poudariti, da nabijanje, ki bi presleglo 9 udarcev nabijalnega aparata, ne poveča gostoto skoraj nič več.

NEKAJ LASTNIH IZKUŠENJ PRI OPAZOVANJU PENETRACIJE

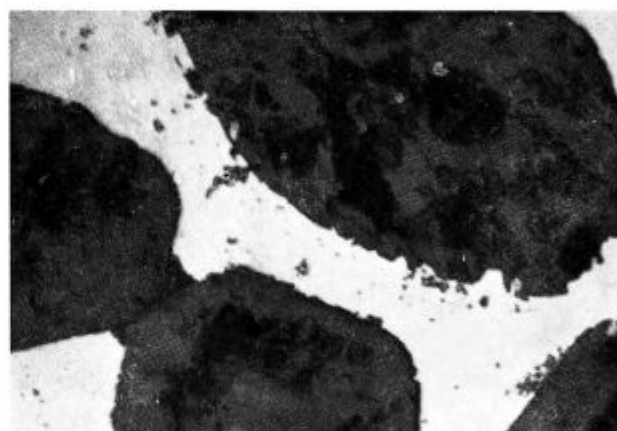
Penetracija na ulitkih iz ogljikovega nelegiranega in malo legiranega jekla

V praksi smo često naleteli na problem penetracije, posebno pri majhnih jedrih v masivnih ulitkih in po kotih na masivnih ulitkih. Posebno jedra so delala velike težave, ker so težko dostopna pri čiščenju. Problem smo najprej skušali rešiti z uporabo cirkonitnega peska. Penetracija ni bila pri tem nič manjša. Slike 14, 15 in 16 kažejo mi-



Slika 15

Mikroskopski posnetek penetracije jekla v cirkonitni pesek (pov. 100 ×)



Slika 16

Mikroskopski posnetek penetracije jekla v cirkonitni pesek (pov. 400 ×)

kroskopske slike obrusov penetrirane mase iz cirkonitne mešanice in jekla pri različnih povečavah.

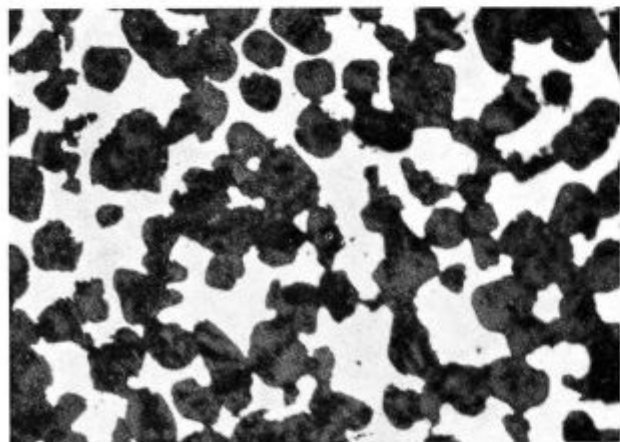
Svetlo polje predstavlja jeklo, ki je prodrlo med zrna cirkonita, temno polje pa so zrna cirkonita in veziva, ki jih je oblila masa jekla.

Seveda bi kazalo poizkusiti z različnimi granulacijami cirkonita, vendar teh ob težkih uvoznih pogojih ni na voljo.

Poizkusili smo s spreminjanjem granulacije kremenčevega peska in z uporabo različnih veziv. Ze leta 1965 smo objavili nekaj rezultatov,⁴ ki smo jih dobili z orientacijskimi poizkusi.

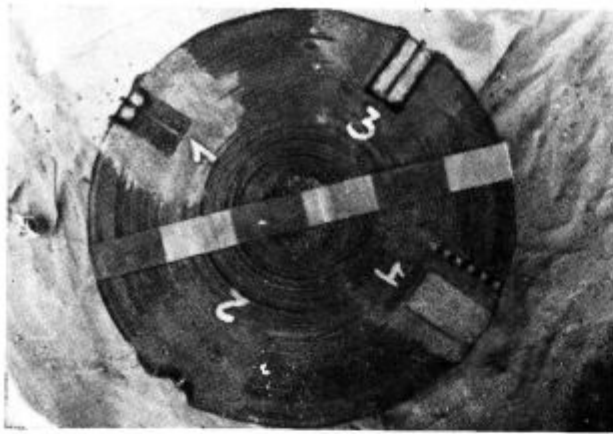
Te poizkuse smo izvedli v redni proizvodnji tako, da smo vzorce preizkušanih mešanic vstavljali v nalitke. En tak primer kaže slika 17.

Penetracijo smo ocenjevali tako, da smo nalitek odrezali po sredini preizkusnih jeder in nato merili globino penetrirane mase na čelni strani jedra. Sestave mešanic s slike 17 so sledeče.



Slika 14

Mikroskopski posnetek penetracije jekla v cirkonitni pesek (pov. 50 ×)



Slika 17

Prerez skozi jedra za preizkušanje penetracije

Mešanica 1:

50 % peska V₂/II, 50 % peska MPP₁ + 8 % bentonita V 6 + 8 % vode

Propustnost v sušenem stanju: 45 cm³/cm³ min.

Mešanica 2:

Pesek G 5 + 8 % bentonita V 6 + 8 % vode

Propustnost v sušenem stanju: 90 cm³/cm³ min.

Mešanica 3:

Presejana masa K+ (zrna pod 1 mm) + 8 % bentonita V 6 + 8 % vode.

Propustnost v sušenem stanju: 32 cm³/cm³ min.

Mešanica 4:

Presejana masa K + 3 % lanenega olja

Propustnost v sušenem stanju: 30 cm³/cm³ min.

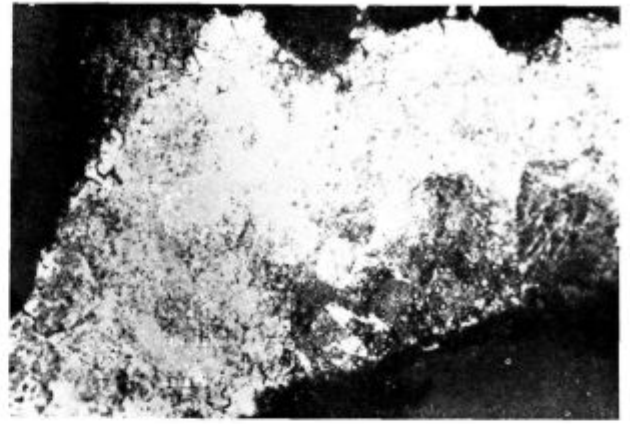
+ masa K se uporablja za kisle obloge indukcijskih peči.

Iz teh prvih poizkusov smo lahko zaključili sledeče:

1. Penetracija pada s propustnostjo. Ta ugotovitev se dobro sklada z ugotovitvami prej in kasneje objavljenih tujih del.

2. Pri skoraj enaki propustnosti mešanic 3 in 4 je penetracija manjša, če smo uporabili za vezivo organsko snov namesto anorganske. To ugotavlja tudi tuja literatura.⁵

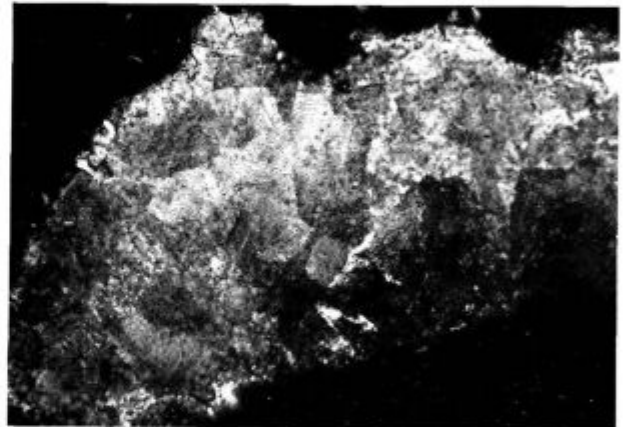
Ta dva zaključka sta se potrdila tudi s kasnejšimi poizkusi. V teh je bila osnovna masa nepresejana masa K, ki se uporablja za nabijanje indukcijskih talilnih peči. Masa ima zelo široko razporeditev zrn po sitih. Ko smo to maso vezali z 8 % bentonita, smo dobili zelo močno penetracijo, čeprav je bila propustnost pod 10. Mikroskopske posnetke penetrirane mase kažejo slike 18, a, b; 19 a, b in 20.



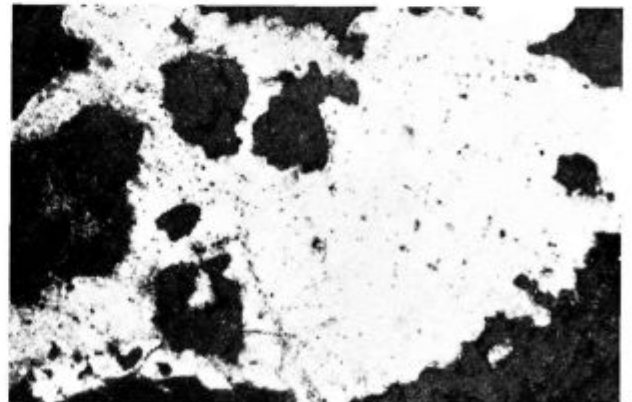
Slika 18

a) nejedkano

Mikroskopski posnetek penetracije jekla v maso K + bentonit



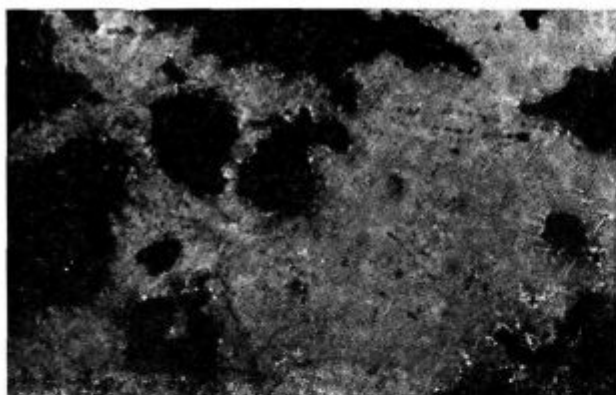
b) jedkano



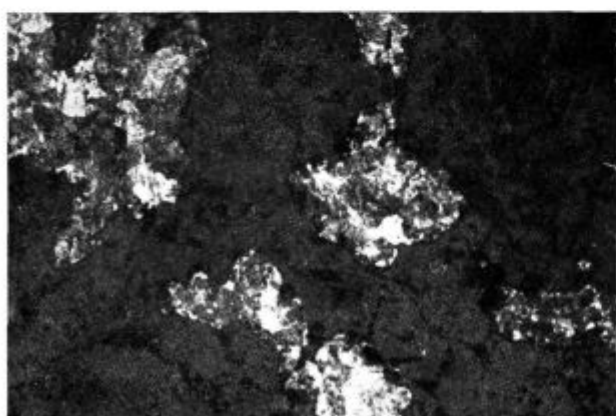
Slika 19

a) nejedkano

Mikroskopski posnetek penetracije jekla v maso K + bentonit. V masi jekla so ostali otočki ognjestalnega materiala (pov. 100 x)



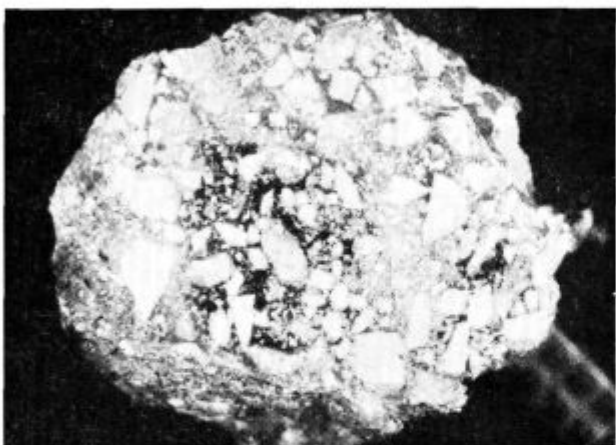
b) jedkano



Slika 20

Mikroskopski posnetek penetracije v maso K + bentonit. Svetlo polje predstavlja z jedkanjem odkrito strukturo jekla. Temno polje je ognjestalni material (pov. 100 ×)

Na posnetkih a ni bilo uporabljeno jedkalo in se zato kaže jeklo kot svetlo polje med zrnja peska, na posnetkih b pa je bilo uporabljeno jedkalo, ki je odkrilo strukturo penetriranega jekla. Na posnetku 18 b je dobro viden lamelarni perlit.



Slika 21

Makroskopski posnetek obrusa penetrirane mase (masa K + bentonit (pov. 100 ×))

Makroskopski izgled brousa penetrirane mase kaže slika 21.

Ko smo pri isti masi K uporabili za vezivo samo 3% samostrjevalnega olja, smo dobili jedro, ki se je odlično upiralo penetraciji. Propustnost je bila 7. Razlika med uporabo bentonita in vezilnega olja pri isti osnovni masi je očitna.

Postopek s samostrjevalnim oljem zahteva precej časa za strjevanje, zato delamo poskuse z drugimi vezivi, ki hitreje reagirajo, ali pa z lanenim oljem, ki smo mu dodali nekaj bentonita. Tako dobimo jedro s tako trdnostjo v svežem stanju, ki omogoča, da se jedro vzame iz jedrnika.

Mislimo, da anorganska veziva delujejo škodljivo iz več vzrokov:

1. Zbirajo fina zrna peska v skupke in onemogočajo pravilno razporeditev finih zrn okrog velikih.

2. Znižuje tališče osnovne mase, ki z oksidi jekla lahko tvori eutektične spojine. Tako se ustvarja prosta pot za penetracijo jekla.

Organska veziva (predvsem olja in smole) pa delujejo ugodno, ker:

1. omogočajo pravilno razporeditev finih zrn okrog velikih in tako omogočajo maksimalno gostoto. Ta gostota pa ni dosežena z nekim manj odpornim polnilom, ampak s čistimi kremenčevimi zrnji.

2. preprečujejo oksidacijsko atmosfero, ki je v veliki meri odgovorna za penetracijo.

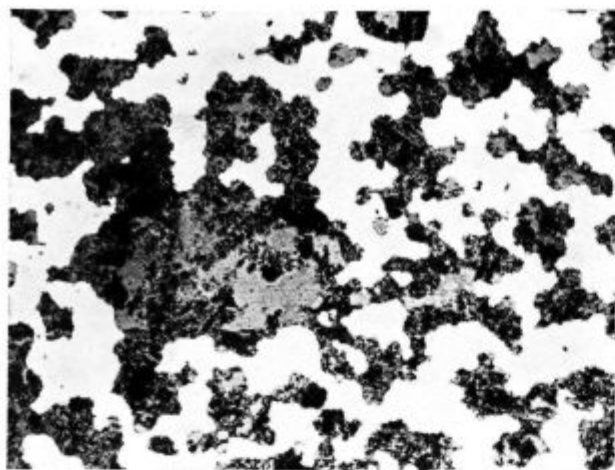
Za primerjavo odpornosti proti penetraciji sta bili v isti masivni ulitek vstavljeni dve jedri, ki sta obremenjeni popolnoma enako.

Jedro 1 je bilo izdelano iz mešanice peska MPP-1 + 5% kremenčeve moke + samostrjevalno vezivo, jedro 2 pa je bilo izdelano iz mase K + 3% samostrjevalnega veziva. Jedro 1 je bilo penetrirano po vsem volumnu, jedro 2 pa je odpadlo iz ulitka skoraj brez čiščenja.

Penetracija na ulitkih iz litine 12% Mn

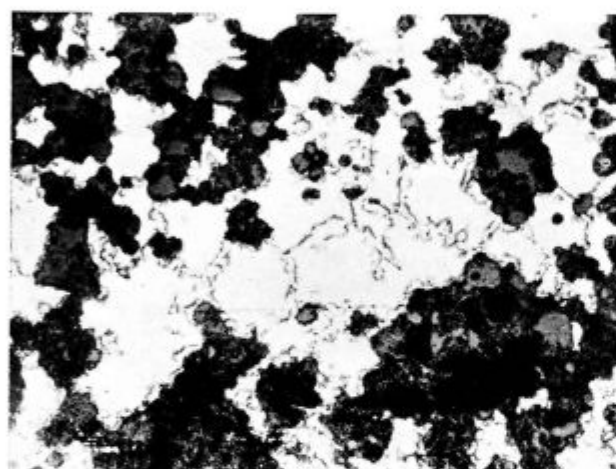
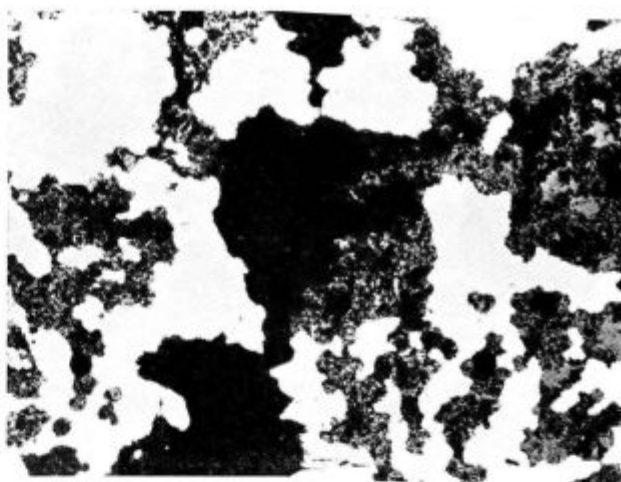
Ceprav ob začetku uvajanja sintermagnezita v proces formiranja ni bilo težav in se je ta material pokazal kot odličen, je v zadnjem času opaziti vse več ulitkov z močnim slojem penetriranega materiala. Normalno sintermagnezit odpade po iztrensanju sam od sebe in je ulitek popolnoma gladek s tanko plastjo oksidne škaje. V primeru penetracije pa so posamezni deli ali ves ulitek zaviti v plast penetrirane mase, ki se sicer ne drži ulitka, se pa zelo težko odstrani, ker je neprekinjena in zelo žilava. Mikroskopske posnetke obrusa penetrirane mase kaže slika 22 a, b, c.

Pri penetraciji na ulitkih 12% Mn se opazita dve plasti: plast na ulitku je žilava in sestavljena iz jekla in formarskega materiala, za njo pa sledi plast popolnoma staljenega formarskega materiala, ki polagoma prehaja v sintrano in nato v nevezano stanje. Obe plasti sta ločeni med seboj in od ulitka.



Slika 22

Mikroskopski posnetki penetracije v sintermagnezitu. Svetla polja so jeklo 12% Mn, temna polja pa ognjestalni material



a, b, c predstavljajo različne predele penetrirane vone. (pov. 100×)

Vzroki za to vrsto penetracije še niso natančno raziskani. Zato tudi zanesljiva pomoč še ni znana. Zato tudi zanesljiva pomoč še ni znana. Vsekakor gre za neko odstopanje od normalnega postopka pri procesu izdelave ali pri surovinah. Iskanje pravega vzroka pa je predmet nadaljnjih raziskav.

Avtor se zahvaljuje za sodelovanje sodelavcem iz obrata livarne železarne Ravne, metalografskega laboratorija in laboratorija za preiskavo livarskih materialov.

Literatura

1. Atlas livačkih pogrešaka, Metalbiro, Zagreb
2. A. Kolorz, K. Orths, Giesserei, 1966/22, str. 733 do 739
3. H. Lopau, H. Hoffmeister, Giesserei, 1966/22, str. 739—748
4. S. Lenasi, Livnice 3/4, str. 129—139
5. G. P. Kim, A. V. Goroh, R. F. Peršina, Litejnoe proizvodstvo, 1966, 10, str. 20—21

ZUSAMMENFASSUNG

Der Artikel behandelt die Feststellungen einiger fremder Autoren über das Auftreten von Penetration auf Stahlabgüssen. Besonders lehnt er sich auf den »Bericht Nr. 24 des Ausschusses VDG für Former- und Hilfsmaterialie für die Giesserei« und den Artikel »Auftreten von Penetration

auf Stahlguss bei verschiedenen Formermischungen«. Es sind auch einige heimische Erfahrungen bei Beobachtung der Penetration auf Abgüssen aus nichtlegierten, schwachlegierten und Manganstählen angeführt.

SUMMARY

Article is dealing with establishments of some foreign authors about penetration on steel castings. Mainly it is leaning on »Report No. 24 of VDG committee for pattern and auxiliary foundry materials« and article »Penetration

phenomenon on steel castings at different pattern mixtures«. Some domestic experiences are given, which were made by penetration observations on plain, low alloyed and manganese steel.