

Žilavost konstrukcijskih jekel v odvisnosti od hitrosti preizkusa

Žilavost cementacijskih jekel se lahko močno spreminja v odvisnosti od njihove sestave. Najugodnejša žilavost jekla z 1,5 % kroma in prav toliko niklja je pri petkrat večji udarni hitrosti kot najugodnejša žilavost nelegiranega cementacijskega jekla. Poskušalo se je ugotoviti, kakšna je odvisnost žilavosti od hitrosti preizkušanja pri orodnih jeklih, saj večja žilavost pomeni odpornost orodja proti večjim sunkom sil.

Z obsežnimi preiskavami žilavosti cementacijskih jekel in jekel za kroglične ležaje so ugotavljali vpliv hitrosti na žilavo obnašanje izdelkov iz teh jekel.

Žilavost navadno pojmujejo kot produkt sile in deformacije, kar se meri s porabljenim delom za porušitev upogibne probe. Pri cementiranih konstrukcijskih jeklih nastopajo večosne napetosti in zato naj se konstrukcijski deli, ki naj bi bili najboljši, čimmanj deformirajo. Tako se teži za večjo porušno trdnostjo, to je, za izravnavo napetosti na najbolj obremenjenih mestih. Zato je žilavost materiala ne samo raztržna trdnost materiala jedra, temveč odpornost izdelka proti dinamičnim in statičnim obremenitvam nasploh.

Žilavostni preizkus naj se ravna po vrsti jekla, kajti na zmožnost za deformacijo vplivata predvsem temperatura in pa hitrost deformacije. Tako so pričakovali podobne žilavosti pri jeklih, ki so se podobno obnašala pri statičnem upogibnem preizkusu. Pričakovanja so se potrdila s preizkusi na probah, ki niso bile togo vpete in torej ni nastopal zarezni efekt. Niso pa se pričakovanja izpolnila pri preizkusih prob, ki so bile enostransko togo vpete pri udarnem upogibnem preizkusu. Za eno nelegirano in dve legirani cementacijski jekli so odkrili, da so vrednosti pri upogibu skoraj enake kadar je polmer upogiba velik in da so si močno različne, če je ta polmer majhen. Žilavost se je lahko v redu razločevala le pri probah z zarezami ali pri probah, ki so se pri preizkusih ostro upognile. Tako se je določil vpliv ostrine žareze. Glede določanja vpliva hitrosti so poskusne omejitve večje in se je najenostavneje povečalo preizkusno hitrost tako, da se je povečalo začetno energijo preizkusa.

Pri večjih hitrostih udarcev, to je pri večji energiji, so žilavosti prob iz mehkih jekel za cementacijo po pravilu manjše kot pri manjših pre-

izkusnih hitrostih. Jeklo za kroglične ležaje pa se je pri preizkusih obnašalo drugače. Pri tem so imeli dve obliki prob, ene valjaste, z zarezo in druge brez zareze ter pravokotnega preseka. Vpliv hitrosti je bil pri obeh vrstah prob podoben. (1)

Zmanjšanje žilavosti, oziroma dela porabljenega za zlom prob, pri višjih preizkusnih hitrostih se razlaga z učinkom, ki naj bi bil podoben onemu, ki nastopa pri znižanju temperature. Z enakimi dimenzijami prob se pride v krhko območje, v odvisnosti od žilavosti jekla, pri večjih ali pri manjših preizkusnih hitrostih. Pri nihalih, kakršna se navadno uporabljajo, pride celo do tega, da razmeroma majhna energija udarca ne zadostuje več za krhek način preloma. Ugotovili so, da je razločevalnost raznih preizkusnih metod pri različno trdnih jeklih različna. Razločevalnost pri preizkušanju krhkih jekel je največja, kadar jih preizkušamo na udarno upogibno žilavost, malo manj se razlikujejo jekla med seboj glede največje udarne upogibne sile, ki že povzroči lom in najmanjša je razlika v statičnih upogibnih silah potrebnih za zlom vsakega od krhkih jekel. Značilno je, da si postajajo pri bolj krhkih jeklih dinamične in statične lastnosti podobnejše vzporedno z večanjem krhkosti.

Iz diagramov sila-upogib in sila-čas (upogiba) so ugotovili, da je porast upogibne trdnosti pri večji hitrosti večji pri bolj žilavem jedru in bolj žilavi površinski plasti probe. Žilavost površinske plasti je torej zelo pomembna. Ugotovili pa so tudi da pri OCR 4 ex. sp. ni bistvene odvisnosti žilavosti in upogibne trdnosti od hitrosti upogibanja. Značilno je, da se s povečano hitrostjo preizkušanja žilavost zmanjšuje pri mehkih jeklih, ki so ali ki niso površinsko utrjena. Upogibna sila pri površinsko utrjenih (cementiranih) probah raste s hitrostjo upogiba, pri navadno kaljenih pa se ne spreminja v odvisnosti od hitrosti upogiba, čeprav se meja plastičnosti dviga. Statična in udarna upogibna trdnost sta enaki. Vzrok temu je najbrž ta, da se vkljub veliki hitrosti prej doseže kritična strižna napetost, potrebna za plastično deformacijo, kot normalna napetost raztržne trdnosti. Če bi še nadalje dvigali hitrost preizkušanja (nad 6 m/sek), bi se upogibna sila povečevala, saj bolj žilava jekla dosežejo vrh upogibne trdnosti pri višji preizkusni hitrosti kot manj žilava jekla.

Iz tega bi se dalo sklepati, da se zelo trdna jekla pri zelo majhnih hitrostih tudi delno strižno

prelomijo in da se z rahlim zviševanjem preizkusne hitrosti povečuje delež strižnih napetosti glede na normalne napetosti v probi.

Upogibna sila je odvisna od žilavosti materiala in od hitrosti preizkušanja. Vpliv hitrosti na krhkost preloma je možno določiti že, če imamo eno od preizkusnih hitrosti nad 2 m/sek. Zobniki vzdržijo večje sile, če so iz bolj žilavega materiala, toda statični preizkusi ne kažejo odvisnosti sile od žilavosti. Po tem se vidi, kako je hitrost preizkušanja pomembna postavka pri določanju lastnosti jekel, ki se uporabljajo za dinamično obremenjene dele. Odkrili so tudi, da je možno žilava jekla jasno razlikovati med seboj po žilavosti le tedaj, če imajo probe zarezo ali če se kako drugače omogoči oster upogib.

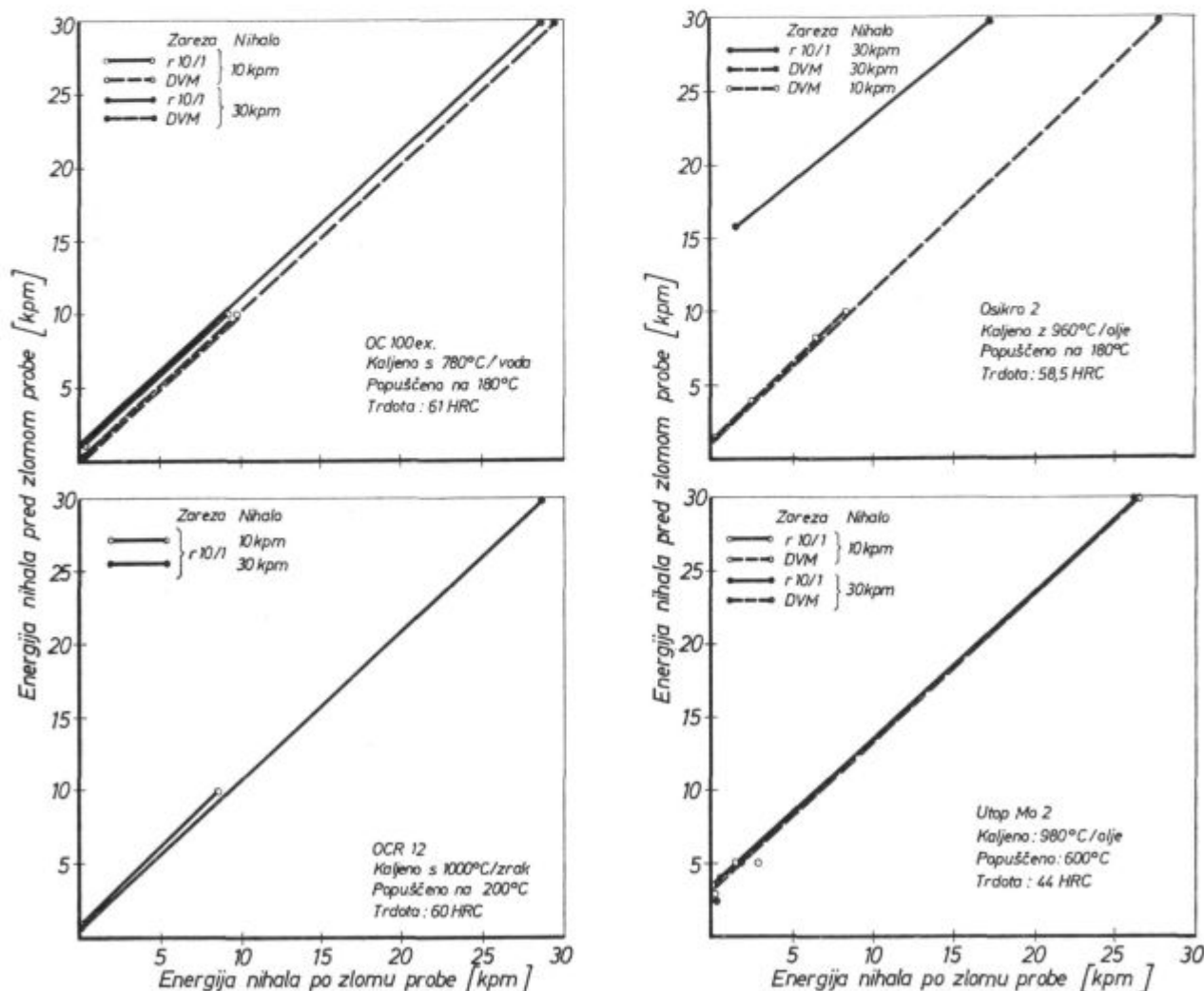
Poskusi s posnemanjem krivulj sila-upogib so pokazali, da se z zviševanjem hitrosti preizkušanja povečujeta tudi meja plastičnosti in porušna sila. Največja porušna sila je za jekla z veliko žilavostjo jedra pri višjih preizkusnih hitrostih kot za jekla z manjšo žilavostjo jedra.

POSKUSI Z ORODNIMI JEKLI

Te ugotovitve, dobljene na ležajnem in na cementacijskih jeklih, so se poskušale dopolniti in potrditi s preizkusi orodnih jekel. Za poskuse so se vzela jekla OC 100 ex. (Č.1941), OCR 12 (Č.4150), Osikro 2 (Č.6443), Utop Mo 2 (Č.4751). Izdelale so se žilavostne probe z zarezi dveh tipov. Milejše zareze imajo zaokrožitev 10 mm in globino 1 mm, drugi tip zareze so standardne zareze DVM. Probe so se izdelale tako, da so imele trdoto kot jo imajo navadno orodja, ki so izdelana iz enakih jekel. Poskusi so se opravljali na velikem in majem Charpy kladivu (30 in 10 kpm energije) tako, da sta se izdelali napravama ustrezni merili in se je nihali lahko spuščalo s poljubne višine. Tako so se lahko dosegle za zlom probe energije od 0 do 30 kpm in hitrosti do 5,4 m/sek.

Tako so bile dane možnosti za določanje vpliva zareze, energije in hitrosti na žilavost.

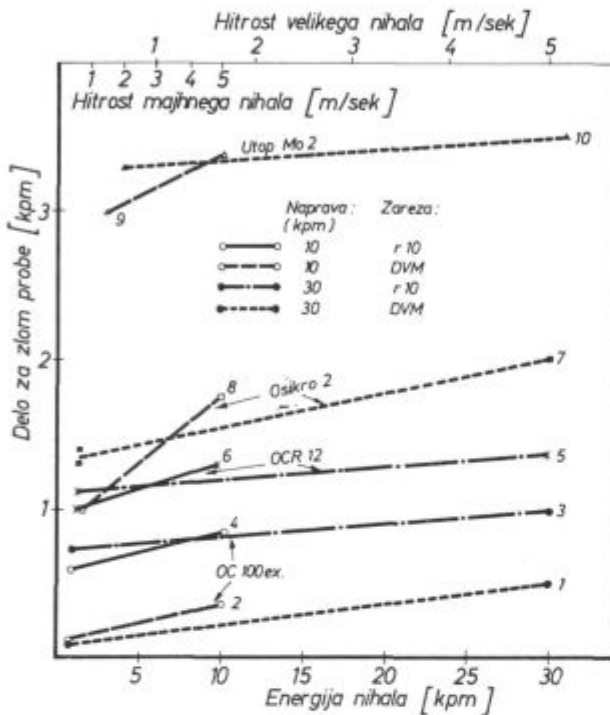
Slika 1 kaže rezultate preizkusov štirih jekel. Vidi se podobnost odvisnosti žilavosti od energije



Slika 1
Rezultati preizkusov za štiri različne vrste orodnih jekel

nihala pri vseh preizkušanih jeklih, saj je velikost dela za zlom premalo poudarjena glede na velikost energije nihala, da bi bile opazne razlike v nagibih krivulj za posamezna jekla.

Smiselna se zdijo predvsem razlikovanja med rezultati, ki so dobljeni z različnimi energijami obeh nihal, prav tako pa tudi med rezultati dobljenimi na raznih tipih prob. Hitrosti nihal se spreminjajo v enakih območjih, zato je zadosti, če upoštevamo samo energijske spremembe. Slika 2



Slika 2

Odvisnost dela, potrebnega za zlom probe od energije nihala in njegove hitrosti

kaže, da se pri vseh preizkušanih jeklih porabi več dela za zlom, če je energija nihala večja. Pri vseh poskusih z manjšim nihalom se poraba energije za zlom hitreje povečuje s povečevanjem začetne energije nihala kot pri večjem nihalu. Vendar pa pri majhnem nihalu nikoli ni treba toliko energije za zlom kot pri velikem. Ker vemo, da se pri manjšem nihalu dosežejo malo manjše največje hitrosti kot pri večjem, lahko sklepamo, da na porabo energije vplivata teža in energija nihala kot njegova hitrost. Zaradi tega so tudi razlike v žilavosti, merjeni z majhnimi energijami obeh nihal večje kot če se žilavost preizkuša z večjimi energijami nihala. Z večanjem energije si namreč hitrosti obeh nihal postajata bolj podobni glede vpliva hitrosti na odpornost jekla proti udarcem. Težje nihalo, ki ga dvignemo na majhno višino, bo imelo ob udarcu na probo majhno hitrost, poskus bo skoraj statičen. Pri enaki energiji bo manjše nihalo dvainpolkrat hitreje udarilo na probo. Razlika med porabljenim delom za zlom tistih prob iz OC 100 extra, katere so imele ostro zarez, je večja pri večjih hitrostih obeh nihal kot

pri manjših. To se lahko razloži z zelo veliko krhkostjo tega jekla. Pri manjših hitrostih je razlika med žilavostjo (porabljenim delom) določenega jekla, določano na majhnem in velikem nihalu, velika tedaj, ko lomimo zelo žilave probe. Dokaz za to so krivulje: 3 in 4 (za probe iz OC 100 extra, z milo zarez), 7 in 8 (za probe iz Osikro 2, z ostro zarez), 9 in 10 (za probe iz Utop Mo 2, z ostro zarez).

Razlika med delom, ki se porabi za zlom krhkih in bolj žilavih jekel, se s povečevanjem hitrosti preizkušanja povečuje, razlika med žilavimi jekli pa se s porastom preizkusne hitrosti spet zmanjšuje, ali pa je težnja za zmanjšanjem razlike. Obenem se vidi, da ostro zarez pri najbolj žilavih jeklih (npr. Utop Mo 2, krivulji 9 in 10) precej zavre porast dela za zlom pri večjih energijah nihala in pri večjih hitrostih. Srednje žilavo jeklo se pokaže kot manj občutljivo na ostrino zarez pri hitrejših udarcih (Osikro 2).

Posebno značilna je podobnost odvisnosti žilavosti od hitrosti pri jeklih OC 100 extra in OCR 12. Čeprav je OCR 12 precej bolj žilav od nelegiranega orodnega jekla (pri majhnih hitrostih udarcev je žilavost jekla OC 100 extra velika za 70 % od žilavosti jekla OCR 12), je vendar tako občutljiv na hitre udarce, da se njegova prednost zmanjša za 5 %, ko se hitrost udarca poveča od 0,5 na 5 m/sek.

Podatki s tega diagrama dopuščajo primerjati med seboj jekla glede odpornosti proti različno hitrim udarcem in udarcem različnih gibalnih količin, oziroma različnih energij. Ne moremo pa primerjati teh jekel glede odpornosti proti zarezam različnih ostrin, ker se Utop Mo 2 in Osikro 2 ne moreta lomiti, če imajo probe samo milo zarez. Za preizkuse jekla OCR 12 pa so obstajale samo probe z milo zarez.

Preizkusi prob z ostro zarez (DVM) so torej po žilavosti razvrstili jekla od OC 100 (žilavost 0,1 do 0,5 kpm, oziroma 0,14 do 0,7 kpm/cm² pri probah z ostro zarez ter 0,6 do 1 kpm pri probah z zarez r 10/1), OCR 12 (žilavost prob z milo zarez je 1 do 1,35 kpm), Osikro 2 (žilavost prob z zarez DVM je 1 do 2 kpm, to je 1,4 do 2,8 kpm na cm²) in Utop Mo 2 (žilavost je pri probah z zarez DVM od 3 do 3,5 kpm, kar je 4,3 do 5 kpm na cm²). Takšna razvrstitev jekel glede na žilavost ni popolnoma razumljiva. Od prob OC 100 extra bi pričakovali več. V dobro rezultatom za OCR 12 je treba povedati, da so bile pri probah iz tega jekla zarez tipa r 10/1 mm brušene in so tiste brazde, od brušenja, pri preizkusih učinkovale kot mikrozaraze. Pri probah iz drugih jekel so se zarez izdelale pred kaljenjem in ni bilo brazd v prečni smeri na probo.

Če se šteje za resnično žilavost tista energija nihala, katera ravno še zlomi probo (mejna energija), se vidi, da je jeklo Osikro 2 razmeroma manj žilavo glede na ostala jekla kot pa pri preizkusih z večjimi energijami nihala. To se lahko pripíše večjemu vplivu trdnosti na odpornost proti udarcem, ki niso hitri. Tako se vidi, da bi bile pri udarcih s hitrostjo pod 1 m/sek gladke probe iz

jekla OCR 12 bolj ali enako žilave kot zarezane probe iz jekla Osikro 2.

Kot kaže slika 1, se je za vsako jeklo z lahkoto ugotovilo, katera energija nihala ravno še zlomi probo. Najbrž pa ne bi bilo prav pojmovati žilavost kot tisto najmanjše delo, ki že povzroči lom probe, ampak bi bilo primerneje opredeliti žilavost kot odpornost proti udarcem kot določenim sunkom sile z določenimi hitrostmi. Najbolje bi bilo postaviti za posamezna jekla, ali skupine jekel, meje za sunke sil, s katerimi bi se jekla preizkuašla. Iz teh raziskav se vidi, da ni za žilavostno obnašanje probe odločilna samo hitrost sunka sile, ampak celotna gibalna količina.

S temi rezultati, dobljenimi na navadnih Charpy nihalih se še ne more v celoti prikazati, kako velike so lahko razlike v odpornosti proti udarcem različnih hitrosti. Medsebojni vpliv ostrine zarez, hitrosti in mase sunka sile pa je vendar razločno viden in govori v prid preciznejšemu opredeljevanju žilavosti.

Dokler nam samo žilavostni preizkus daje poceni obvestila o dinamičnem obnašanju trdih, orodnih jekel, bi bilo prav, da se z njim dobi še več informacij. Problematika žilavosti se mora primerjati z uspehi pri vpeljavi natančnih omejitev in razdelitev v tehniko določanja dinamične trdnosti materialov.

ZAKLJUČEK

Preizkuse odpornosti jekel na različne sunke sil različnih hitrosti so pokazale, da se žilavost jekel s povečevanjem hitrosti udarnega nihala zmanjšuje in da se z zvečevanjem sunka sile pri isti hitrosti žilavost povečuje. Pri krhkih jeklih je razločevalnost po žilavosti večja kot razločevalnost po statični trdnosti ali napetosti pri udarni obremenitvi.

Za določevanje najprimernejše toplotne obdelave vsakega orodja bi bilo dobro preizkušati žilavost s takšnimi hitrostmi, ki pridejo v poštev med delovanjem orodja iz določenega jekla. Toda metoda določanja žilavosti z nihalom ne omogoča preizkusov z najustreznejšimi hitrostmi. Preizkušanje jekel na odpornost proti primerno določenim sunkom sile je napredek v preiskavah trdih jekel, ki se le redko dinamično preizkušajo drugače kot na žilavost.

Literatura:

Brugger H., G. Kraus: Einfluss der Zähigkeit auf das Verhalten von Einsatzstählen im statischen und dynamischen Biegeversuch. Archiv für das Eisenhüttenwesen 32 (1961), August, Heft 8, str. 529—531.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Zähigkeit wird mit der grösseren Versuchsgeschwindigkeit kleiner und mit der Vergrösserung der Stosskraft grösser. Ein schneller Schlag verursacht eine kleinere Deformation als ein langsamer. Da die Werkzeuge bei verschiedenen Geschwindigkeiten angewendet werden,

wäre real möglich die Kerbschlagzähigkeit eines jeden Werkzeugstahles bei einer solchen Geschwindigkeit zu bewerten, welche bei den Werkzeugen aus diesen Stahl vorkommt.

SUMMARY

Toughness is reduced by the increased testing rate and is increased by the increased thrust. Faster blows cause smaller deformations than slower ones. Because tool steels are used for the tools operating at various speeds,

a possibility exists to estimate the toughness of each steel at the speed which will later be used in operation of tools made of this steel.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании взято во внимание, что инструмент для обработки материала употребляется при разных скоростях. Установлено что с увеличением быстроты движения прибора для обработки вязкость стали уменьшается а с увеличением ударной силы увеличивается. Сравнивая более быстрые удары с более медлен-

ными определено, что первые вызывают менее существенную деформацию материала. При учёте быстроты движения ударов прибора можно подать оценку вязкости отдельного сорта стали прибора взяв во внимание обычно применяемую скорость каждого сорта стали отдельно.