

## Določevanje potrebnega števila preizkusov pri ugotavljanju udarne upogibne žilavosti orodnih jekel

Metoda določevanja števila paralelek je uporabna pri vseh tistih meritvah, kjer je zaradi velike standardne deviacije potrebno večje število paralelek.

Pri izbiri števila paralelek upoštevamo: potrebno ločljivost, standardno deviacijo in verjetnostni nivo predvidenih preizkusov.

V članku je ta metoda aplicirana na določevanje števila paralelek za merjenje udarne upogibne žilavosti orodnih jekel.

### UVOD

V praksi se večkrat srečamo s problemom: koliko paralelek izbrati za preizkus, za katerega že vnaprej vemo, iz izkušenj, da bo imel večje ali manjše trosenje rezultatov posameznih meritev. Če hočemo ta problem rešiti, moramo vedeti: na kakšnem verjetnostnem nivoju gotovosti bomo delali preizkuse, kakšna ločljivost je potrebna in kakšno standardno deviacijo lahko pričakujemo.

Običajno se smatra, da je 95 % verjetnostni nivo gotovosti dovolj visok za prakso in le redko, to je v posebnih primerih, uporabljamo višji 99 % verjetnostni nivo gotovosti.

Za racionalno izbiro števila paralelek je važno, da delamo s takšno natančnostjo, kot je potrebna, kajti zgodi se, da mnogokrat delamo po nepotrebem z večjo natančnostjo. To pa pomeni, da delamo z večjim številom navadno dragih paralelek, kot je potrebno.

Pri primerjanju dveh srednjih vrednosti nekkih preizkusov, za katere je značilno, da nastopi trosenje, ne moremo preprosto trditi, da se eden preizkus razlikuje od drugega, že samo zato, ker se razlikujejo srednje vrednosti. Nujno moramo upoštevati standardno deviacijo, število paralelek in verjetnostni nivo gotovosti.

Natančnost preizkusa pomeni v našem primeru: ločljivost srednjih vrednosti dveh ali več primerjajočih preizkusov, ki jih zaradi standardne deviacije ne moremo poljubno natančno ločiti. Pri tem se vprašamo: pri kakšnem številu paralelek že lahko z določeno statistično gotovostjo trdimo, da se dve srednji vrednosti preizkusov z določenimi standardnimi deviacijami razlikujeta in kdaj tega še ne moremo trditi.

Navadni Charpyjev preizkus upogibne udarne žilavosti z normalno zarezo (DVM) ima pri orodnih jeklih majhno sposobnost ločenja, če pa vzamemo probe brez zareze, dobimo zelo veliko trosenje rezultatov. Orodna jekla z udarno upogibno žilavostjo od 2 do 9 kpm/cm<sup>2</sup> zahtevajo za preizkus udarne upogibne žilavosti, merjene s probami brez oslabitve, 30 do 40 paralelek.<sup>1</sup> Ker je v praksi takšen preizkus zaradi velikega števila paralelek težko izvedljiv, so pred leti pričeli v železarni Ravne uvajati metodo preizkušanja udarne upogibne žilavosti s plitvo oslavitvijo, ki jo uporabljajo v ZDA.<sup>2</sup>

Metoda določevanja racionalnega števila paralelek bo modificirana na določevanje števila paralelek po zgodaj omenjeni metodi s plitvo oslavitvijo, pri kateri se je do sedaj uporabljalo dvanajst do petnajst paralelek.

### Metoda določevanja števila paralelek

Pri primerjanju dveh srednjih vrednosti  $\bar{x}_1$  in  $\bar{x}_2$  upoštevamo: število podatkov (paralelek)  $N_1$  in  $N_2$ , standardno deviacijo  $S_1$  in  $S_2$  ter verjetnostni nivo  $P$ . Od vseh teh faktorjev je odvisno, ali bomo lahko v nekem primeru trdili, da se dve srednji vrednosti statistično pomembno razlikujeta ali ne. Kajti zgodi se lahko, da kljub razliki srednjih vrednosti:

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 \pm 0 \quad (1)$$

še ne vemo, ali je omenjena razlika statistično pomembna ali ne.

Mnogokrat so za prakso važne samo dovolj velike razlike srednjih vrednosti merjenih veličin, manjše pa se smatrajo nepomembne. V takšnem primeru bomo delali samo s takšnim številom paralelek, ki bodo pomembno razliko še pokazale — manjše, nepomembne, pa ne več.

V ustrezni formuli<sup>3,5</sup> za izračun števila paralelek:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{Sd} \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}} \quad (2)$$

je  $t$  funkcija prostostnih stopenj  $n$ , ki so:

$$n = N_1 + N_2 - 2 \quad (3)$$

Standardna deviacija  $Sd$  v enačbi (2) se dobi iz formule:

$$Sd^2 = \frac{S_1^2 (N_1 - 1) + S_2^2 (N_2 - 1)}{N_1 + N_2 - 2} \quad (4)$$

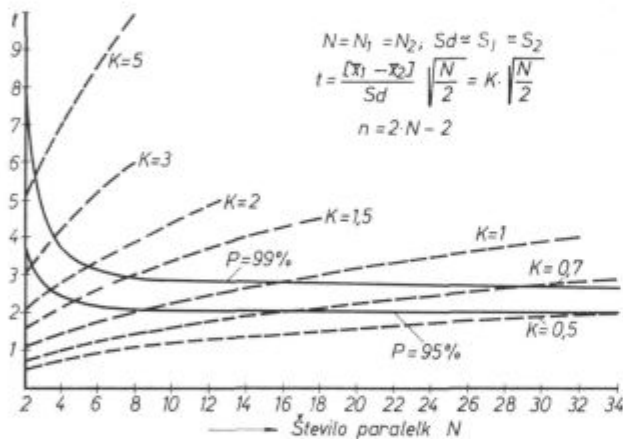
V primeru, da je  $S_1 = S_2$  in  $N_1 = N_2$ , je:

$$Sd^2 = S_1^2 = S_2^2 \quad (5)$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sd} \sqrt{\frac{N}{2}} = K \sqrt{\frac{N}{2}} \quad (6)$$

Iz poenostavljene enačbe (5) ni mogoče direktno poiskati števila paralelek  $N$ , pri znani standardni deviaciji »Sd« in ločljivosti  $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ , ker je  $t = f(N)$ . Zato si pomagamo z grafično metodo, ki je prikazana na sliki 1.

Na sliki sta s polno črto označeni odvisnosti med  $t$  in  $N$  pri verjetnostnih nivojih 95 in 99 %. Dejansko se v tabelah<sup>3,4</sup> dobijo odvisnosti med  $t$  in prostostnimi stopnjami  $n$ , vendar pa je za nas bolj praktično, če te pretvorimo in podamo s pomočjo enačbe (3) v obliki števila paralelek  $N$ . Prekinjene črte na sl. 1 označujejo enačbo (6) pri različnih kvocientih »K«. Kvocient »K« v enačbi (6) pomeni razmerje med razlikami srednjih vrednosti  $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ , to je ločljivostjo in standardno deviacijo Sd.



Slika 1  
Nomogram odvisnosti med  $t$ ,  $N$  in  $K$ .

Sečišča omenjenih dveh funkcij, ki so označene s polnimi in prekinjenimi črtami, nam pomagajo pri izdelavi dveh novih praktičnih nomogramih, ki sta prikazana na sliki 2 in 3.

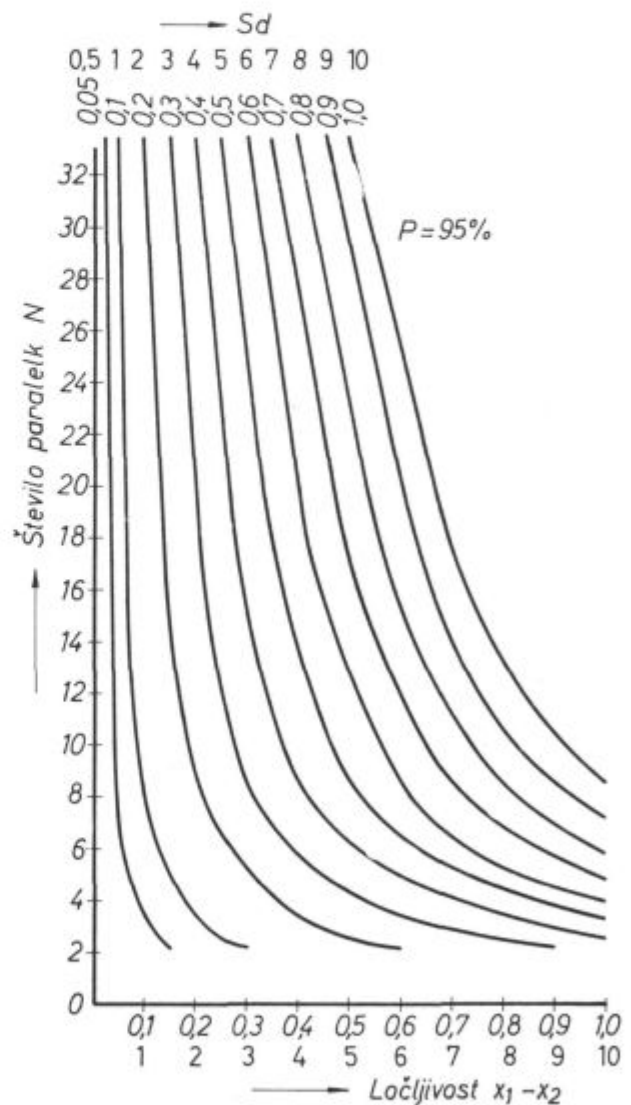
Diagrama na slikah 2 in 3, ki služita za izbiro števila paralelek glede na izbrano ločljivost in predvideno standardno deviacijo, se razlikujeta samo po tem, da upoštevata v prvem primeru 95 %, v drugem pa 99 % verjetnostni nivo gotovosti. Območje ločljivosti je podano od 0,1 do 10 in ravno tako standardne deviacije. Ta območja so vzeta zaradi uporabnosti pri določevanju števila paralelek žilavostnih prob pri orodnih jeklih.

Kot primer uporabnosti diagramov na sliki 2 in 3 naj služi kar naslednje poglavje:

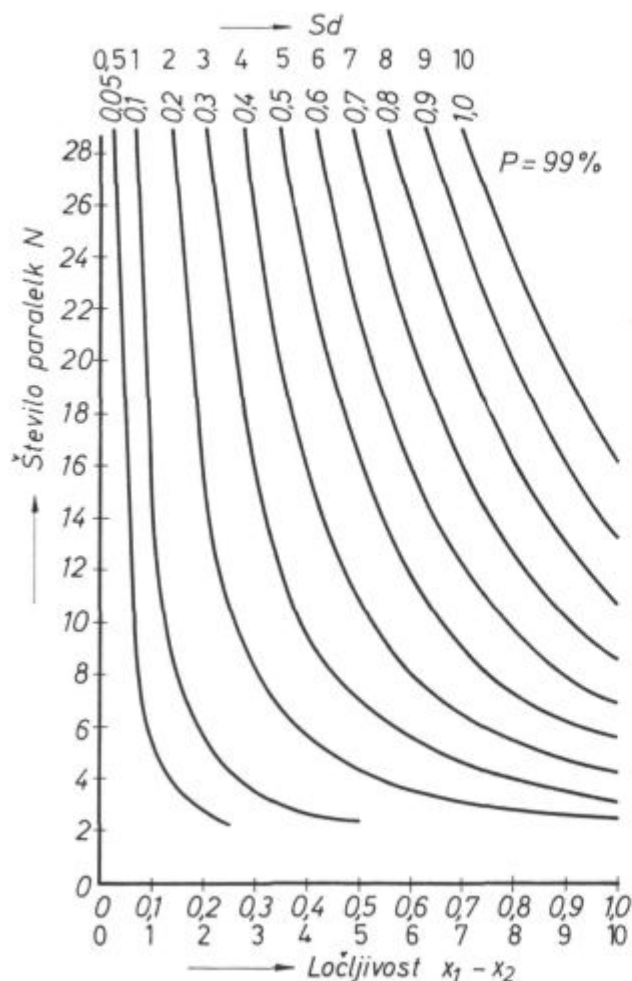
### Potrebno število paralelek pri ugotavljanju in primerjanju udarne upogibne žilavosti orodnih jekel

Če hočemo ugotoviti potrebno število paralelek pri določenih poizkusih, se moramo na osnovi izkušenj odločiti, kakšno standardno deviacijo predvidevamo. Kadar izkušenj nimamo, si pomagamo s predpoizkusi. V tabeli 1 so vpisane poprečne standardne deviacije udarne upogibne žilavosti za jekla, preizkušena v železarni Ravne. Pri izbiri predvidene standardne deviacije moramo vedeti, da je to odvisno ne samo od vrste jekla, temveč tudi od toplotne obdelave jekla, izdelave oslabitve (brušena ali frezana) itd.

Poleg tega se moramo odločiti za nas potrebno ločljivost in verjetnostni nivo gotovosti. Glede potrebne ločljivosti se moramo vprašati, kakšne razlike srednjih vrednosti preizkusov so za nas



Slika 2  
Nomogram za izbiro števila paralelek glede na izbrano ločljivost in predvideno standardno deviacijo »Sd« pri 95 % verjetnostnem nivoju.



Slika 3

Nomogram za izbiro števila paralelek glede na izbrano ločljivost in predvideno standardno deviacijo »Sd« pri 99 % verjetnostnem nivoju.

praktično še pomembne in katere ne več. Pri preizkusih bomo običajno vzeli verjetnostni nivo 95 % gotovosti in le v izjemnih primerih, ko bodo potrebne posebno točne meritve, bomo vzeli 99 % verjetnostni nivo in s tem dosti večje število para-

lelk, kot to lahko ugotovimo pri primerjavi nomogramov na slikah 2 in 3.

1. primer:

Preizkušamo udarno upogibno žilavost različno toplotno obdelanega brzoreznega jekla Č.9682 (BRC-3). Predpostavimo, da je razlika srednjih vrednosti 0,1 kpm/cm<sup>2</sup> udarne upogibne žilavosti dveh različno toplotno obdelanih serij za nas še pomembna, manjša pa ne več. Iz tabele 1 najdemo poprečno standardno deviacijo, ki je za to jeklo Sd = 0,08. Delali bomo pri 95 % verjetnostnem nivoju in zato uporabljali nomogram na sliki 2. Z interpoliranjem ugotovimo, da je pri  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,1$  Sd = 0,08 in P = 95 % število potrebnih paralelek 6–7. Iste vrednosti dobimo tudi iz diagrama na sliki 1, če prej poiščemo vrednost kvocienta K.

$$K = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{Sd} = \frac{0,1}{0,08} = 1,2$$

$$N = 6-7$$

Poprečna standardna deviacija Sd = 0,08 se nanaša samo na preizkuse udarne upogibne žilavosti BRC-3 po metodi, za katero so značilne probe s plitvo oslavitvijo.

Zanimivo je še poiskati, kakšno bi bilo potrebno število paralelek v primeru, da predvidevamo minimalno oz. maksimalno po izkušnjah dobljeno standardno deviacijo. Iz diagrama na sliki 2 dobimo za interval od  $S_{min} = 0,04$  do  $S_{max} = 0,11$  od 3 do 9 paralelek.

Poleg tega pa je še zanimivo, koliko paralelek je potrebno pri isti poprečni standardni deviaciji in ločljivosti pri višjem 99 % verjetnostnem nivoju. Iz slike 3 najdemo, da je število paralelek dosti večje, to je dvanajst.

2. primer:

Metodo določevanja števila paralelek bi lahko uporabljali tudi v primeru, da se uvede redna kontrola udarne upogibne žilavosti nekaterih orodnih jekel.

Tabela 1: Standardne deviacije udarne upogibne žilavosti nekaterih orodnih jekel

Vrsta jekla	Sd	S <sub>min</sub>	S <sub>max</sub>	Probe z:	Območje toplotne obdelave (°C)	
					temperatura kaljenja	temperatura popuščanja
Č.9682 (BRC-3)	0,08	0,04	0,11	brušeno plitvo oslavitvijo	1260—1320	530—590
Č.6980 (BRC)	0,18	0,08	0,31	brušeno plitvo oslavitvijo	1260—1320	530—590
Č.6880 (BRW)	0,10	0,05	0,15	brušeno plitvo oslavitvijo	1230—1290	530—590
Č.6882 (BRW-2)	0,12	0,08	0,17	brušeno plitvo oslavitvijo	1230—1290	530—590
Č.7680 (BRM-2)	0,15	0,07	0,25	brušeno plitvo oslavitvijo	1170—1260	530—590
Č.6443 (BRU)	0,10	0,06	0,15	brušeno plitvo oslavitvijo	1200—1260	530—590
Č.4750 OCR 12 ekstra	0,32	0,17	0,53	frezano plitvo oslavitvijo	1030— 970	500

Razlika med srednjo vrednostjo in zgornjo ali spodnjo predpisano mejo bi pomenila nivo ločljivosti ( $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ ).

Vzemimo primer kontrole izdelkov iz jekla OCR 12 ekstra popuščene pri temperaturi 500°C. Predpisana udarna upogibna žilavost naj bo od 0,90 do 1,50 kpm/cm<sup>2</sup>. Pri tem je ločljivost ( $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ ) 0,30. Iz tabele 1 najdemo za ta primer poprečno standardno deviacijo  $S_d = 0,32$ . Potrebno število prob na 95 % verjetnostnem nivoju odčitamo iz nomograma na sliki 2. To število znaša 9 prob.

Za en preizkus pri redni kontroli udarne upogibne žilavosti bomo morali torej vzeti 9 prob.

### Zaključek

Pri metalurških raziskavah udarne upogibne žilavosti bo število paralelk v odvisnosti od standardne deviacije in verjetnostnega nivoja nihalo od 3 do 15. Zato bo pri širših raziskavah žilavosti

orodnih jekel racionalna izbira števila paralelk pomenila znatno pocenitev razmeroma dragih preiskav.

Primer uporabe opisane metode v redni kontroli žilavosti nam kaže, po kakšnih kriterijih bomo izbirali število paralelk in obenem tudi to, da bomo zaradi velikega števila paralelk redno kontrolo udarne upogibne žilavosti orodnih jekel uporabili le v izjemnih primerih.

### Literatura

1. Bungardt K., O. Mülders, W. Spyra: »Statistische Auswertung von Zähigkeitsuntersuchungen an ungekerbten Schlagbiegeproben aus Stählen hoher Härte« — Stahl und Eisen 77, št. 26.
2. Steven G.: »Impact Test of Evaluating Toolsteels« Metal Progress, 1959, 5.
3. Graf U., H. J. Henning: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik, Springer-Verlag — Berlin 1958.
4. Rode B., J. Rodič: »Statistično planiranje in vrednotenje metalurških raziskav« — Zelezarski zbornik, Jesenice, 2 (1968) 2, str. 99—113, tabela 5.
5. Palazzi A.: Metodi statistici nella ricerca industriale e nel controllo della produzione, ET/AS Kompass — Milano 1964.

### ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Bestimmung der notwendigen Zahl der parallelen Proben ist die nötige Trennbarkeit (Genauigkeit), die standard Abweichung und der Wahrscheinlichkeitsniveau der vorgesehenen Untersuchungen zu berücksichtigen.

Im Artikel ist eine Methode für die Bestimmung der

notwendigen Zahl der parallelen Proben, die gegenseitige Abhängigkeit der obengenannten Faktoren welche die Wahl der Probenzahl beeinflussen, und die Applikation dieser Methode bei der Bestimmung der Kerbschlagbiegefähigkeit der Werkzeugstähle beschrieben.

### SUMMARY

When number of parallel test is to be determined the necessary selectivity (accuracy), standard deviation, and the probability level of the foreseen experiments must be taken in account.

The paper describes the method of determination of the number of parallel test, correlation between the mentioned parameters, and the application of the method in determining the bending impact toughness of the tool steels.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При определении необходимого числа параллельных проб надо учесть необходимую точность, стандартную девиацию и ниво вероятности намеченных опытов.

В статье рассмотрены: методы определения числа параллельных проб, взаимной зависимости упомянутых факторов которые влияют на выбор числа параллельк и применение метода для определения изгибной ударной вязкости инструментальной стали.