

OM BESTÄMNINGAR AV ARBETET FÖR EN
SPRICKAS FORTPLANTNING

av

A.P. Guljaev

Centrala Forskningsinstitutet för
Järnmetallurgi "Bardin".

DS 1971:41

23.9.1971

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN — 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

OM BESTÄMNINGAR AV ARBETET FÖR EN
SPRICKAS FORTPLANTNING

av

A.P. Guljaev

Centrala Forskningsinstitutet för
Järnmetallurgi "Bardin".

DS 1971:41

23.9.1971

Översättning från ryska av Monica Masuda.

Orginalets titel: Ob opredelenii raboty rasprostranenia treščiny.

Publicerat i "Zavodskaja Laboratorija, No 12, 1969, s. 1425-1568.

Sammanfattning:

I föreliggande rapport redovisas en metod för bestämning av arbetet vid sprickutbredning, som grundar sig på att det föreligger ett lineärt samband mellan slagsegheten och anvisningens bottenradie r , vilket medför att endast två prov med olika värden på r behöver utföras varefter extrapolering kan ske till $r = 0$.

Den lineära karaktären hos sambandet $a_H = f(r)$ har experimentellt prövats och befunnits gälla för olika stålsorter samt vanadinlegeringar.

I rapporten diskuteras vidare vid vilka temperaturer slagseghetens komponenter bör bestämmas, satt i relation till stålets användbarhet vid låga temperaturer.

Författaren till föreliggande artikel har föreslagit en metod /1/ för att bestämma arbetet vid sprickutbredning. Metoden består i att undersöka modeller med olika anvisningar (r) och finna slagsegheten för radier lika med noll (vilket motsvarar det arbete som åtgår för utbredningen av en spricka).

I stället för en grafisk konstruktion är det praktiskt bekvämare att använda sig av den elementära beräkningen

$$a_3 = 4/3 (a_{H\ 1,0} - a_{H\ 0,25}); \quad (1)$$

$$a_p = a_{H\ 1,0} - a_3, \quad (2)$$

där $a_{H\ 1,0}$ och $a_{H\ 0,25}$ är modellens slagseghet vid $r = 1,0$ resp. $0,25$ mm;

a_3 är det arbete som åtgår för uppkomsten av en spricka i provet (typ I);

a_p är arbetet som åtgår vid sprickans utveckling.

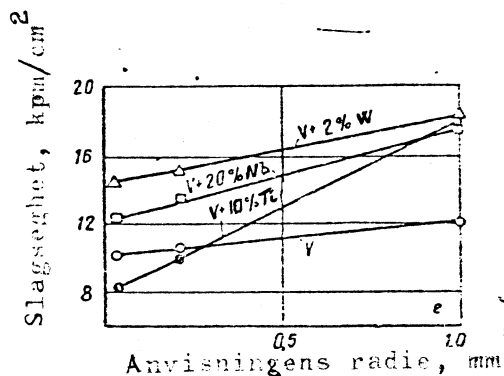
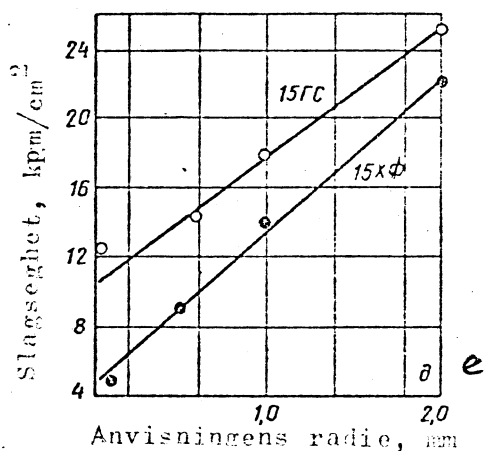
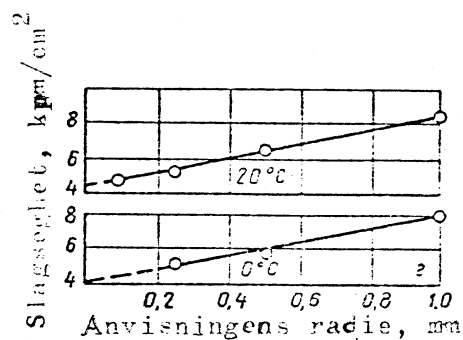
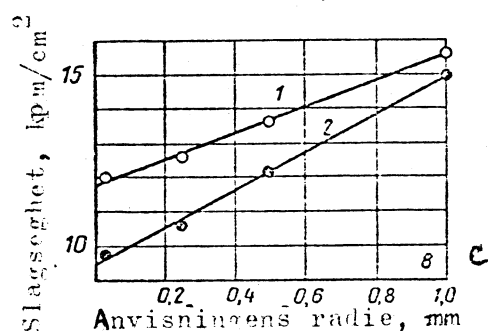
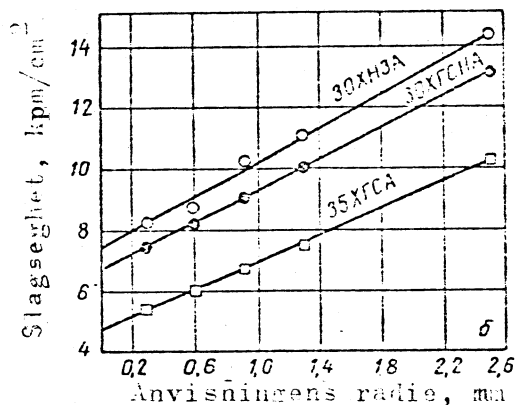
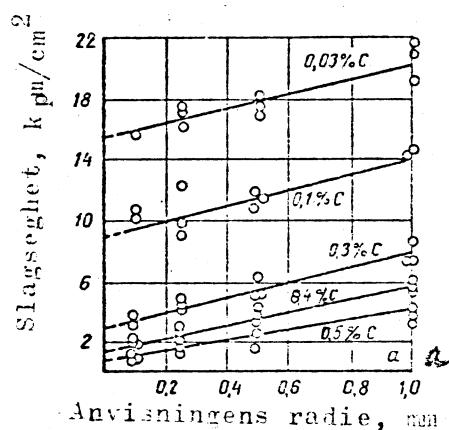
Som grund för metoden ligger antagandet att det mellan slagsegheten och anvisningens bottenradie föreligger ett lineärt samband; detta medför att man endast behöver utnyttja två typer av provmodeller med olika anvisningar samt extrapolera till $r = 0$. På senaste tiden har emellertid uttalanden gjorts, bl.a. av Vladimirskij /2/, enligt vilka ett sådant lineärt beroende inte skulle existera. Då denna fråga är synnerligen viktig för tillämpbarheten av vår metod, förtjänar den här en speciell granskning.

I /1/ föreslogs att man skulle undersöka två standardmodeller av typ I resp. IV (GOST⁺ 9454 - 60) med anvisningsradier på $1,0$ resp. $0,25$ mm. Beroendet $a_H = f(r)$ kontrollerades ett flertal gånger också vid ett större antal anvisningar vars dimensioner fick variera från $r = 0$ (utmattningsspricka) till $r = 2,5$ mm.

Av figur a-f framgår att det verkligen existerar ett rätlinjigt proportionellt samband mellan anvisningens spetsighet och slagsegheten hos stål, och att punkterna på ett tillfredsställande sätt sammanfaller med den rätta linjen. För övrigt vittnar även Vladimirskijs värden /2/ om att sambandet $a_H - r$ är lineärt (se e i figuren). Detta samband kan också iakttagas för ett från stål så pass avvikande material som vanadinlegeringar (se f i figuren).

Förekomsten av ett lineärt samband mellan slagsegheten och anvisningens bottenradie hos modellen (ovan har givits endast en del av tillgängliga data) visar hän mot möjligheten att utföra extrapolation mot noll för att bestämma arbetet för utbredningen av en spricka vid prov med endast två standardmodeller. För övrigt kan man för större exakthet vid dragning av den rätta linjen undersöka prov med tre anvisningar, på $1,0$; $0,25$ och $0,5$ eller $0,1$ mm.

+) GOST (Gosudarstvennye Vsesojuznye Standarty) betyder ordagrant Statliga Allunionella Normer. Ö.a.



Inverkan av anvisningens spetsighet på slagsegheten (prov över kallsprödhetströskeln): a/ stål X 5 M 2 FS med olika kolhalter efter behandling med höga temperaturer; temperatur vid provet 300°C; b/ olika typer av konstruktionsstål efter härdning och hög anlöpning; c/ stål 18 X 2 N 4 VA efter härdning och anlöpning vid 650°C (kurva 1) och stål 17 GS normaliserat (kurva 2); (anvisningen på 0,025 mm utförd med elektriskt gnistförfarande; d/ stål 18 G 2 AF, normaliserat, 100 % V; e/ stål 15 GS och 15 XF, temperatur vid provet +20°C /2/; f/ vanadinlegeringar.

Drozdovskijs metod /3/ äger en odiskutabel fördel framför andra metoder: med dess hjälp kan man direkt bestämma den sökta storheten (a_p). För anbringandet av en utmattningsspricka är emellertid speciell utrustning av nöden (vibratorer). Dessutom sker vid anbringandet av en sådan spricka ofta uthamring vilket förvanskar undersökningsresultaten.

I ett tidigare arbete /1/ har inte klart påvisats vid vilka temperaturer man bör utföra bestämningen av slagseghetens komponenter. Under den lägre tröskeln för kallsprödheten, dvs vid fullständigt sprött brott, är arbetet för sprickans fortplantning lika med noll (exaktare uttryckt försumbart liten; arbetet som åtgår vid bildandet av delningsytan kan t.ex. uppskattas till ett värde av storleksordningen c:a $0,08 \text{ kpm/cm}^2$). Om det fullständiga slagarbetet inte är lika med noll, förbrukas det i detta fall för modellens elastisk-plastiska deformation tills sprickan bildas (dvs det vid den givna temperaturen bestämda värdet på $a_H = a_3$; på denna tes grundar sig för övrigt också Newhouses metod /4/.

Vid halvsprött brott inom kallsprödhetströskeln förbrukas arbetet vid sprickornas fortplantning på den plastiska deformationen vid segt brott, och det är proportionellt mot procenten trådar i brottet, angivet i % B /4/. Med andra ord bör arbetet för utbredning betraktas som komponenten a_p vid fullständigt segt brott. Om % B är känt, är det möjligt att bestämma arbetet vid sprickans utbredning vid halvsprött brott som en del av det fullständiga arbetet för sprickans utveckling:

$$a'_p = \frac{a_p \cdot \% B}{100} \quad (3)$$

Om arbetet a'_p erhålles vid temperaturer vid vilka halvsprött brott inträffat, är det för bestämmandet av hela arbetet för sprickans utveckling nödvändigt att känna till % B. Enligt ekvationen (3) erhålles då

$$a_p = \frac{a'_p \cdot 100}{\% B} \quad (4)$$

Detta gäller alla metoder vid bestämning av slagseghetens komponenter. Mätningen av % B kan införa ytterligare fel i bestämningen varför det är lämpligt att bestämma a_p vid helt segt brott och inte införa någon korrigering enligt (4).

Spridningen på värdena för slagsegheten blir vanligtvis inte mindre än $\pm 0,5 \text{ kpm/cm}^2$. Vid låga värden på a_H visar sig följaktligen den föreslagna metoden brista i exakthet, och redan vid ett obetydligt fel så att storheten $a_H 0,25$ reduceras kan extrapolationen leda till orimligheter ($a_p < 0$) - se /7/. Även detta vittnar om att det är lämpligt att uppdelas slagsegheten i komponenter vid segt brott.

Slagsegheten beror i första hand av temperaturen vid försöket samt anvisningens form (spetsighet). En sänkning av temperaturen i övergångsintervallet till kallsprött tillstånd, eller en tillspetsning av anvisningen, medför minskad slagseghet (eller, som man ofta kallar det, till försprödning). Emellertid är orsakerna till denna minskning i de nämnda fallen väsentligt olika. Davidenkov /8/ ansåg fortfarande att sprödhet förbunden med temperatursänkning var fysisk eller kristallinisk medan den sprödhet som sammanhänger med anvisningens tillspetsning var formsprödhet eller geometrisk sprödhet. I enlighet med nu tillgängliga data är den förstnämnda betingad av komponenten a_p och den andra av a_3 .

Enligt många tekniska handböcker samt de normer som tillämpas i Sovjetunionen krävs undersökning av modeller med "mjuk anvisning" ($r = 1,0 \text{ mm}$) inte vid $+20^\circ\text{C}$ men väl vid negativa temperaturer (vanligen -40 eller -70°C). Dessa undersökningar visar slagseghetens nivå vid arbetstemperatur (exploaterings-temperaturer) men är inte i stånd till att karakterisera metallens motstånd mot att en spricka utvecklas. De höga värdena på a_H som erhållas i detta fall utgör ingen garanti för att metallen skulle ha stort motstånd mot sprickutveckling, eftersom en betydande del av slagarbetet åtgår för deformation av modellen innan sprickan uppkommer och blott någon del av den förbrukade energin (enligt vad som ovan visats proportionell mot % trådar i brottet) åtgår till arbete för sprickans rörelse. Man har fastställt att arbetet a_3 i kallsprödhetströskelns intervall inte förändras, och en allmän sänkning av slagsegheten inom detta temperaturintervall sker följaktligen på bekostnad av a_p .

Vi föreställer oss att det skulle vara lämpligare att öka påfrestningen vid försöken genom att göra anvisningen spetsigare i stället för att sänka temperaturen (en övergång från modeller av typ I till typ IV); i detta fall kommer a_3 att minskas på artificiell väg och det erhållna värdet på $a_H 0,25$ kommer att ligga nära värdet a_p .

Vad gäller själva möjligheten att använda stål vid låga temperaturer måste den, enligt vår åsikt, betingas av trådigheten i stället för slagseghetsnivån vid den givna temperaturen, vilket också bestämmer hur mycket a_p minskas vid temperatursänkningar, varvid a_p enligt vad som ovan anförts bör bestämmas vid helt segt brott.

Låt oss dröja vid några terminologiska anmärkningar. Det anses ofta att slagsegheten (särskilt dess komponenter) betecknar sprödhållfastheten eller motståndet mot sprött brott. Detta är emellertid oriktigt. Motståndet mot att en spricka utvecklas vid sprött brott är i det närmaste lika med noll; följaktligen är det fullständiga brottarbetet vid sprödbrott lika med arbetet för den elastisk-plastiska deformationen tills sprickan bildas. Komponenten a_p betecknar därför arbetet för plastiskt brott vid maximalt spetsig anvisning.

Motståndet mot sprött brott (motståndet mot lösgörande) bestämmes medelst tesen för kallsprödhetsströskeln. Denna slutsats framgår vid granskning av Joffes bekanta schema.

LITTERATURREFERENSER

1. Guljaev, A.P. Zavodskaja Laboratorija, 1967, XXXIII, No 4, s. 473.
2. Vladimirskij, T.A. Zavodskaja Laboratorija, 1969, XXXV, No 5, s. 612.
3. Drozdovskij, B.A. Zavodskaja Laboratorija, 1946, XII, No 5, s. 489.
4. Newhouse, D. Weld J., 1963, No 3.
5. Otani Tetsudo-gijutsu kenkyu-shiryō (= Material och data för järnvägsteknik). 1957, vol. 14, No 11, s. 503.
6. Livšits, L.S., Rachmanov, A.S. Zavodskaja Laboratorija, 1959, XXV, No 2, s. 190.
7. Georgiev, M.N., Popova, L.V. Zavodskaja Laboratorija, 1969, XXXV, No 5, s. 605.
8. Davidenkov, N.N. Dinamičeskije ispytanija metallov (= Dynamiska undersökningar av metaller). ONTI, 1936.