



LUND UNIVERSITY

Processområdets betydelse vid spricktillväxt.

Ståhle, Per

Published in:
Ordo

1985

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Ståhle, P. (1985). Processområdets betydelse vid spricktillväxt. *Ordo*, 19(6), 4-6.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



ODRO

LTH 6/85

SPRICKOR

**Digitala
Kommunikations-
system**

ORDO

No 6/85 Årg 19

UTGIVEN AV TEKNOLOG-
KÄREN VID
LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA, LTH

Adress:

ORDO
Ole Römerts väg 3
223 63 LUND

Redaktör och ansvarig utgivare:

Kim Hansen
Tel: 046-12 93 98

Produktionsansvarig:

Britt-Marie Gudmundsson
Tel: 046-15 07 31

Redaktion:

Johan Frilund
Bengt-Åke Karlsson
Staffan Pettersson
Nils Roman

Annonser: Anders Rosqvist TLTH

Ole Römerts väg 3
Tel: 046/10 96 32
14 14 99

Upplagan är ca 6.500 ex., varav hälften går ut till industrier, företag, institutioner och enskilda prenumeranter och hälften distribueras till teknologerna vid LTH och studenterna vid Matematisk-Naturvetenskaplig fakultet inom Lunds Universitet.

ORDO utges 6 ggr. per år.

Redaktionen ansvarar ej för icke beställt material.

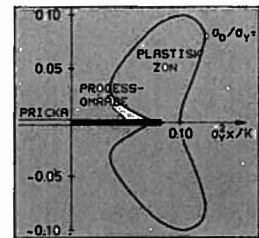
Om ej annat anges, foto av redaktionen.

Tryckt av
Wallin & Dalholm Boktr. AB Lund

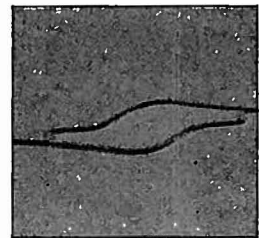
ISSN 0345-8970

ARTIKLAR I DETTA NUMMER

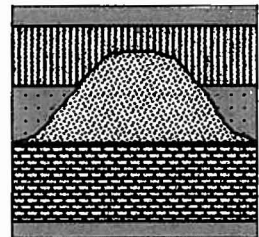
Sid 4 Processområdets betydelse vid sprickillväxt av Tekn D Per Ståhle, Hållfasthetslära.



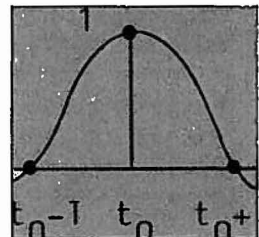
Sid 7 Om sprickvägars stabilitet av Tekn D Solveig Melin, Hållfasthetslära.



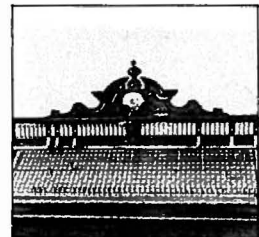
Sid 12 Lokalisering av grovsediment med VLF-r av teknologerna Gunilla Andersson och Lars Johansson, Teknisk Geologi.



Sid 18 Digitala kommunikationssystem — en översikt av universitetslektorerna Göran Lindell och Göran Salomonsson, Teletransmissionsteori.



Sid 24 Tele- och datakommunikation av Ulf Körner, Teletrafiksystem.



Sid 28 Sångarstriden 1985.



Omslagsbild: Den ryske fysikern G I Barenblatt under ett besök i Polen 1981 (se artikel sid 4). Foto: P Ståhle.

PROCESSOMRÅDETS BETYDELSE VID SPRICKTILLVÄXT

Tekn D Per Ståhle, Hållfasthetslära

ORDO 6/85

Brottmekaniska processer är något som intresserat människor i alla tider. Ibland har det varit för att vinna en fördel tex vid tillverkning av flintverktyg och malmbrytning, men oftast för att förhindra mekanisk kollaps. I det senare fallet kan oförsiktighet resultera i spruckna tallrikar eller trasiga fönster, men också i allvarligare saker som brott i flygplansvingar eller fartygsskrov som i värsta fall sker till synes utan förvarning och ofta med tragiska följder.

Det är just svårigheten att förutsäga instabil spricktillväxt som gör brott på ett sätt allvarligare än tex nötning eller plastisk deformation, där synliga förändringar förebådar mekanisk kollaps. Flera experiment har dock visat, att instabil spricktillväxt praktiskt taget alltid föregås av en stabil fas där tillväxten styrs av den yttre belastningen. Vid inspektion kan man därför beräkna tillväxthastigheten för stabilt växande sprickor och därefter bedöma risken för instabilitet.

En analytisk lösning för spännings-töjningsfältet vid en spricka i ett linjärt elastiskt material gavs 1909 av estländaren Kolosov och 1913 av engelsmannen C E Inglis. Resultatet utnyttjades 1920 av A A Griffith för att förutsäga brott. Brottprocesser och plasticitet hänvisas till ett område så litet att det kan behandlas som en punkt — sprickspetsen. I ett sådant idealiserat fall går spänningar och töjningar mot oändligheten som $r^{-1/2}$ där r är avståndet till sprickspetsen. Lösningen beskriver töjningar och spänningar med noggrannhet bara så länge den plastiska zonen är extremt liten i förhållande till andra karakteristiska mått som spricklängd och avstånd till kroppens begränsningsyta. I praktiken är modellen användbar även för större (men fortfarande små) plastiska zoner. I sådana fall kan modellen inte beskriva spänningar och töjningar med stor

noggrannhet, men den kan ändå användas för att bedöma risk för sprickutbredning genom att koefficienten framför $r^{-1/2}$ -termen, som är ett mått på den energi som frigörs vid spricktillväxt, är det enda som behöver beräknas för en serieutveckling av den yttre lasten. Är plasticiteten ringa bestämmer denna koefficient helt förhållandena vid sprickspetsen. Modellen kan däremot inte förklara varför spricktillväxten först är stabil och sedan instabil.

Redan 1956 gav nuvarande professorn i hållfasthetslära vid CHT, Jan Hult tillsammans med prof Frank McClintock, MIT, en lösning för ett ideal-plastiskt material och en så kallad modus III spricka, ett fall som har föga tekniskt-praktisk betydelse, men som leder till enklare beräkningar. År 1968 gav amerikanen J R Rice och svensken G Rosengren samtidigt med J W Hutchinson, promovrad till hedersdoktor vid KTH den 22 november 1985, en asymptotisk lösning för den vanligare modus I sprickan. Även i dessa fall är det nödvändigt att extrapolera till oändliga töjningar, som här varierar som r^{-1} nära sprickspetsen. Lösningen är giltig i ett område som är litet i förhållande till den plastiska zonen. För lösningar för hela planet är man än så länge hänvisad till numeriska metoder (utom för det enklare modus III fallet). Dessvärre är Rice's lös-

ning bara giltig för statiska sprickor. Så fort sprickan växer sker en radikal omfördelning av töjningarna. Den ursprungliga r^{-1} -singulariteten ersätts med en svagare logaritmisk. Man kan därför knappast dra några slutsatser om spricktillväxt och än mindre om stabil respektive instabil sådan.

Under det sista decenniet har åtskilliga numeriska lösningar presenterats för problemet med växande spricka. En egendomlighet, som påpekades av professor K B Broberg, LTH, är att den energi som når det punktformiga processområdet avtar om materialets plastiska hårdnande avtar för att helt utebli för det ideal-plastiska materialet. Problemet är att den logaritmiska töjningssingularitet, som uppstår när sprickan växer, är för svag för att föra någon energi till sprickspetsen. Denna paradox får en godtagbar förklaring endast om man tar hänsyn till att de brottmekaniska processerna sker över ett utbrett område framför sprickspetsen istället för att betrakta processområdet som punktformigt. Genom analys av en linjeformad modell av processområdet kan man skaffa sig en god bild av vad som sker när den yttre lasten ökar. I det linjeformade processområdet verkar en kohesiv spänning mellan den övre och den undre begränsningsytan. För att beskriva processområdets instabila karaktär antas den kohesiva spänningen avta

med ökande töjning i processområdet (Fig 1). Grunden för den här modellen för ett processområde lades redan 1960 av den ryske fysikern G I Barenblatt (omslagsbilden).

För Barenblatts modell är den energi som förbrukas i processområdet proportionell mot den yta som bildas när sprickan växer. Allteftersom sprickan avancerar fångas en allt större del av den frigjorda energin i det material som först plasticeras och sedan avlastas när sprickspetsen passerar. Den enkla förklaringen är att bara en del av den energi som går åt för att plasticera materialet återvinns vid avlastningen från det plastiska tillståndet.

För små sprickor ökar den frigjorda energin även med ökande spricklängd. Under stabil spricktillväxt råder balans mellan frigjord energi och den som absorberas i processområdet och den plastiska zonen, men eftersom den absorberade energin ökar monotont och går mot ett gränsvärde och den frigjorda energin ökar obegränsat med ökande spricklängd når den yttre lasten ett maximum och där efter växer sprickan instabilt.

Vid en pilotundersökning av processområdets betydelse antog jag materialet var att linjärt elastiskt och processområdet linjeformigt. När det gäller små sprickor, visade sig resulta-

Vid en senare undersökning behandlade jag en mera realistisk modell, där hänsyn togs till plastiska deformationer utanför processområdet. Såväl processområdets utveckling, stabil spricktillväxt fram till instabilitet behandlades för både långa och korta sprickor.

Fyra olika material undersöktes med hjälp av finita-element-metod. Det visade sig snart att skillnaderna mellan material med olika töjningshårdnande var ganska små och helt bortom vad som är av praktiskt intresse. Därför reducerades antalet material till två med olika kohesiv styrka för processområdet. För det ena materia-

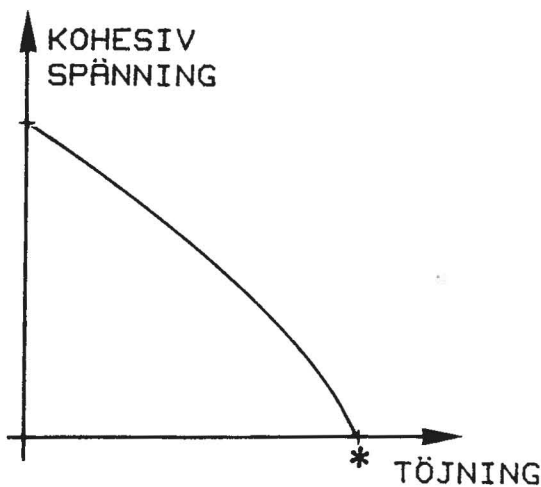


Fig 1. Processområdets egenskaper beskrivs av ett spännings-töjnings samband. Essensen är att den kohesiva spänningen avtar med ökande töjning. * representerar ett tillstånd omedelbart innan ny yta bildas.

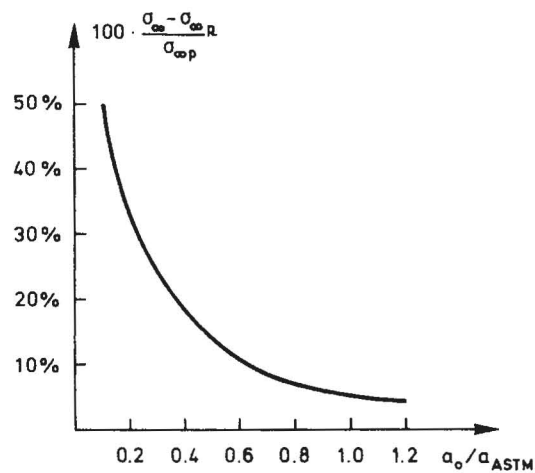


Fig 2. Relativa skillnader i maximal spänning i oändligheten σ_{∞} beräknad efter antagande av linjär brottmekanik och en processområdesmodell. a_{ASTM} är den av ASTM-konventionen minsta tillåtna spricklängden.

För långa sprickor i stora plåtar uppnås ett approximativt fortvarighetstillstånd efter det att sprickan vuxit några gånger den plastiska zonen längd. Den energi som frigörs från det elastiska området och avlastnings området fördelas så att en del, som kan vara ganska obetydlig i vissa fall, men dominerande i andra fall, går åt för att skapa nya ytor och resten förbrukas vid plasticering. Den energi som frigörs vid spricktillväxt i det här fallet är proportionell mot den yttre lasten, som ökar monotont till det värde som uppnås vid fortvarighet. Spricktillväxten är därför hela tiden stabil även om det vid fortvarighet uppstår ett gränstillstånd, där den yttre lasten nått sitt maximum.

Det från två relativt realistiska modeller för processområdet vara helt skilt från det resultat den s k linjära brottmekaniken anger. Denna utgår från antagandet av ett punktförmigt processområde. Även för spricklängder vid ASTM-gränsen, som är en konvention, som anger giltighetsområdet för linjär brottmekanik, var skillnaderna påtagliga — omkring 5% i kritisk last. Fig 2 visar relativa skillnader i kritisk last mellan värdet beräknat under antagande av linjär brottmekanik och det värde som erhöles för en av modellerna med linjeförmigt processområde.

Den använda metoden tillåter behandling av godtyckligt små sprickor, även infinitesimala sådana.

let sattes den kohesiva spänningen $\sigma_D = 3\sigma_Y$ där σ_Y är flytspänningen. $3\sigma_Y$ svarar ungefär mot den största spänning man kan nå framför sprickspetsen i ett material med lågt töjningshårdnande. För det andra materialet valdes $\sigma_D = 2.5\sigma_Y$.

Skillnaden i kohesiv spänning kan tyckas vara liten men det visade sig medföra väsentligt olika former på de plastiska zonerna, storlek på processområde, stabil spricktillväxt och på last vid instabilitet. Den plastiska zonen var jämförelsevis mindre för den lägre kohesiva spänningen. Processområdet var större än den plastiska zonen utsträckning rakt fram utom vid den inledande fasen före stabil spricktillväxt

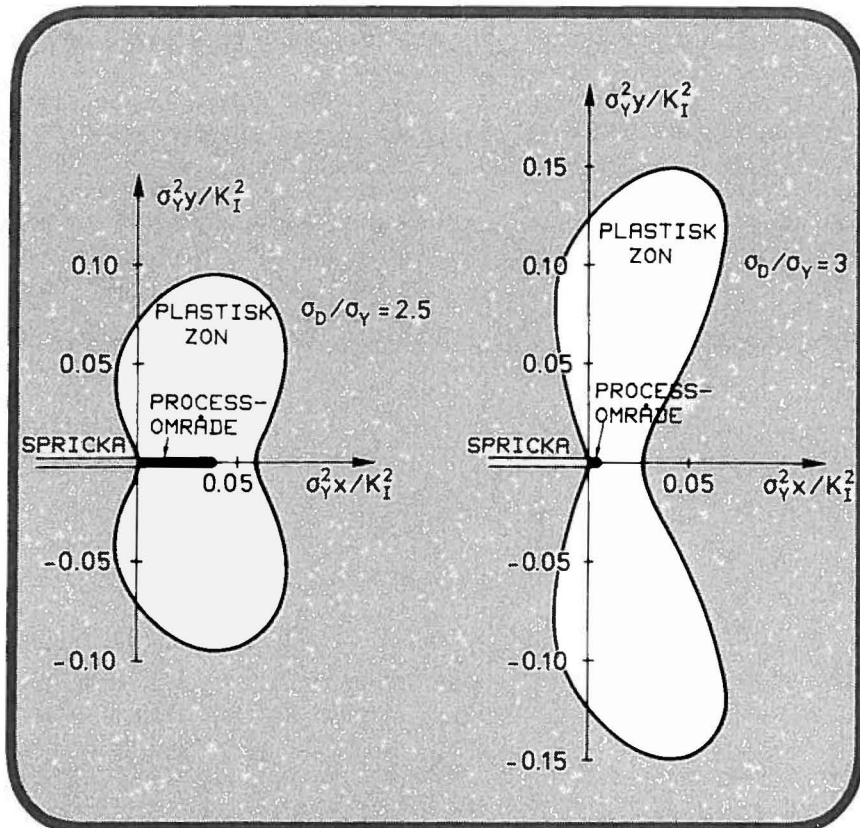


Fig 3. Plastiska zoner och processområde vid initieringsfasen före stabil spricktillväxt.

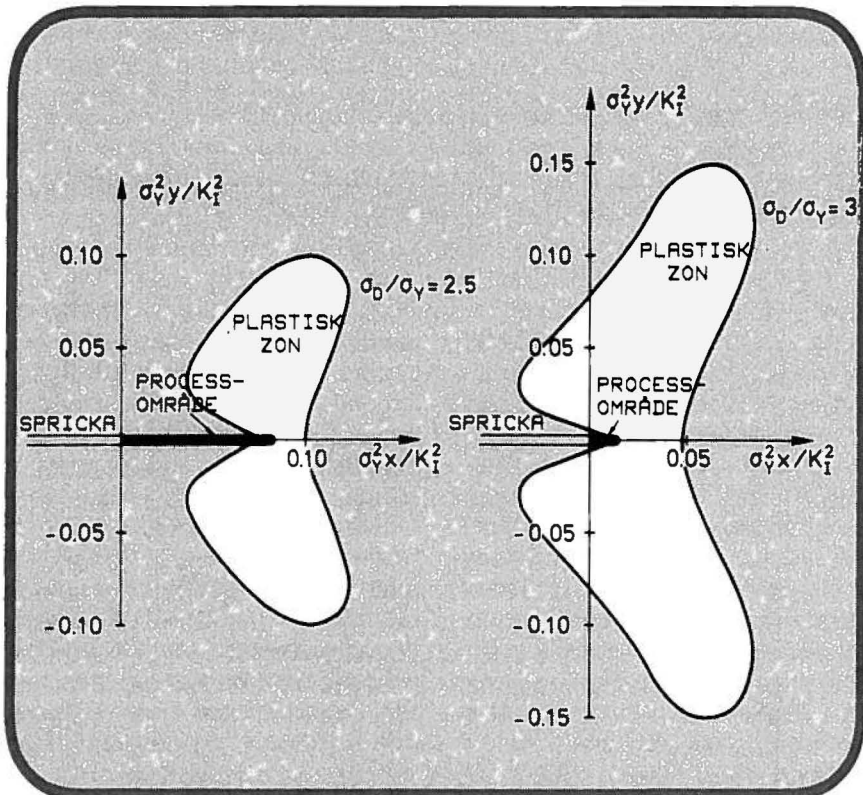


Fig 4. Plastiska zoner och processområde vid fortvarighet.

då processområdet var aningen mindre. Fig 3 och Fig 4 visar den plastiska zonen och processområdet under initieringsskedet före stabil spricktillväxt och vid fortvarighet på gränsen till instabilitet.

Den energi som absorberas i processområdet per längdenhet spricktillväxt är anmärkningsvärt stor, ända upp till 80% av all absorberad energi för materialet med den lägre kohesiva spänningen och mer än halva denna energi för materialet med den högre kohesiva spänningen. Den relativt stora utsträckningen av processområdet och dess dominerande roll som energisänka visar att beräkningar under antagande av ett försvinnande litet processområde måste användas med stor försiktighet eller kanske helst inte alls.

Den kohesiva spänningens påverkan på brottsegheten är starkare än en direkt proportionalitet. Denna accelererade effekt verkar bero på processområdets inverkan på den plastiska zonen. Sålunda förefaller låg kohesiv spänning åstadkomma en förspredning (se Fig 3) eftersom utvecklingen av den plastiska zonen uppenbarligen hämmas.

Små sprickor i en elastisk-plastisk omgivning studerades också i någon utsträckning. Den stabila spricktillväxten minskade som väntat med avtagande längd på den jungfruliga sprickan. Förmodligen försvinner den stabila spricktillväxten helt för mycket små sprickor så som det visade sig vid pilotundersökningen. Så små sprickor har emellertid inte ännu kunnat undersökas för elastiskt-plastiska material.

