

**Beräkning av kryphastigheten hos ett
blyhölje innehållande en glaskropp
under inverkan av tyngdkraften**

Anders Samuelsson

**Förändring av krypegenskaperna hos
ett blyhölje som följd av en mekanisk
skada**

Göran Eklund

Institutet för Metallforskning september 1977 – april 1978

BERÄKNING AV KRYPHASTIGHETEN HOS ETT
BLYHÖLJE INNEHÅLLANDE EN GLASKROPP
UNDER INVERKAN AV TYNGDKRAFTEN

Anders Samuelsson

BERÄKNING AV KRYPEGENSKAPERNA HOS ETT
BLYHÖLJE SOM FÖLJD AV EN MEKANISK SKADA

Göran Eklund
Institutet för Metallforskning september 1977 - april 1978

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

CHANGE IN THE CREEP PROPERTIES OF A
LEAD ENCASMENT DUE TO A MECHANICAL IMPACT

Göran Eklund
The Institute for Metals Research, Stockholm
April 1978

INTRODUCTION

Reprocessed, vitrified waste is proposed to be encapsulated in lead which then is encased in a titanium container with a tight fit. As the density of the glass is lower than the density of the lead, the glass will move upwards (float). The lead is then subject to creep deformation and the dominant mechanisms of deformation is diffusion creep and Harper-Dorn creep.

When the velocity of the creep is calculated it is found that the speed is strongly influenced by the grain size of the lead. At a grain size of 10^{-5} m it will take 1.8×10^2 years for the glass to move upwards 50 mm. With a grain size of 10^{-4} m the corresponding time is 1.8×10^5 years and at 10^{-3} m, 1.7×10^8 years.

Now the intention is to heat treat the lead before the final disposal of the waste so that the lead will have a grain size big enough to ensure that the glass will not rise to the surface within a very long period of time.

However, at the handling of the canister mechanical impact could damage the canister and expose the lead to mechanical deformation. This will cause the lead to recrystallize at which an area with smaller grain size is formed. It has then been suggested that the diffusion velocity for the lead atoms will increase locally and that there is a risk that the location of the glass in the lead encasement will be changed or that lead could flow out through a hole in the titanium shell.

For the reason some tests have been made in order to determine:

1. How small will the lead crystals become at a shock-like mechanical impact and at a slower mechanical deformation, as at a Brinell-impression ?
2. How rapidly will the grains grow at the deformed steel at the temperature which the canister will have in the Final Repository ?

EXPERIMENTS

The tests were made on pellets of "Boliden lead" with the dimensions, diameter 30 mm, height 20 mm. One pellet was exposed to a heavy blow with a rivet hammer and on another pellet a Brinellpimpresseion was made with a 6 mm ball. The pellets were cut in two halves after which the structure was exposed by etching. After documentation of the structure the pellets were heat treated during 70 hours at 80°C after which the structure was again exposed by etching.

RESULTS

Fig 1 shows the initial grain size before the deformation with a rivet hammer, the grain size is here about $5 \times 10^{-4} \text{m}$. After deformation the smallest grain size is $5 \times 10^{-5} \text{m}$, fig 2. A heat treatment at 80°C during 70 hours will give an increase of the grain size and the smallest grain which then may be observed is about 10^{-4}m , fig 3.

Fig 4 and 5 show the structure with Brinell-impression before and after heat treatment. The fact that a big increase of the grain size has taken place during the relatively short time of heat treatment can here be observed.

CONCLUSIONS

A big deformation with high deformation velocity will not give such a decrease of the grain size that the creep velocity will become abnormally high. Furthermore a large increase of the grain size will occur at the temperature which the canister will have when placed in the Final Repository. The increase of grain size is considerable already after 70 hours. It is therefore possible to conclude that a mechanical deformation of the lead encasement will not give any deterioration of the creep properties and that apprehensions expressed in this respect have no basis in reality.

Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje
innehållande en glaskropp under inverkan av
tyngdkraften.

Anders Samuelsson
Institutet för Metallforskning
September 1977

SAMMANFATTNING

En cylindrisk glaskropp är innesluten i ett blyhölje. Under tyngdkraftens inverkan kommer glaskroppen att flyta upp genom blyhöljet då detta undergår krypdeformation. Beräkningar på ett förenklat fall visar, att vid en temperatur av 60°C kommer blyhöljets tjocklek ovanför glaskroppen att halveras på mellan 200 och 10^7 år. Tiden beror kraftigt av kornstorleken hos blyet. Minst 1 mm kornstorlek bör användas. Beräkningarna är osäkra, men det förenklade fallet ger en överskattning av deformationshastigheten.

1. INLEDNING

En glaskropp är innesluten i ett blyhölje. Blyhöljet är i sin tur inneslutet i en titanbehållare, vilken fixerar dess ytteryta, se fig. 1. Då glaskroppens densitet är lägre än blyets, kommer glaskroppen genom tyngdkraftens inverkan att flyta upp genom blyet. Problemet består i att bestämma hur fort denna uppåtriktade rörelse sker. Titanbehållaren och glaskroppen betraktas som stela kroppar, medan blyet undergår krypdeformation.

2. BERÄKNINGAR

2.1. Bestämning av den uppåtriktade kraften

Glaskroppens radie, $r = 0,2 \text{ m}$

 "- volym, $V = 0,15 \text{ m}^3$

Detta ger glaskroppens höjd, $h = 1,19 \text{ m}$

Densiteten för glas, $\rho_g = 2,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Densiteten för bly, $\rho_b = 11,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Antag cylinder-symmetri, se fig. 1.

Uppåtriktad kraft på glaskroppen, F .

$$F = \pi r^2 h g (\rho_{pb} - \rho_g)$$

där g är tyngdaccelerationen.

Detta ger en tryckspänning σ på blyskiktet ovanför glaskroppen.

$$\sigma = h g (\rho_{pb} - \rho_g)$$

Med ovanstående värden insatta erhålles $\sigma = 1,03 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

2.2. Bestämning av deformationsmekanismer

Relevanta deformationsmekanismer bestäms genom jämförelse med publicerade deformationskartor (ref.1-3). Dessa utgörs av diagram med normaliserad skjuv- eller normalspänning, σ/G , och homolog temperatur, T/T_m , som variabler. G är skjuvmodul och T_m absolut smälttemperatur. Beroende på värdet av σ/G och T/T_m kommer olika deformationsmekanismer att dominera deformationen. Diagrammen visar även den resulterande töjningshastigheten, se fig. 2 och 3.

I detta fall gäller:

Smältpunkten för bly, $T_m = 327^{\circ}\text{C} = 600\text{k}$

Deformationstemperatur, $T = 60^{\circ}\text{C} = 333\text{k}$

Detta ger $T/T_m = 0,56$

Skjuvmodulen för bly vid 333k, $G = 7,03 \cdot 10^9 \text{N/m}^2$ (ref.1)

Tryckspänning $\sigma = 1,03 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$

Detta ger $\sigma/G = 1,5 \cdot 10^{-5}$

Jämförelse med fig.2 och 3, där dessa värden på T/T_m och σ/G markerats (med hänsyn tagen till att dessa diagram är ritade för skjuvspänningar), visar att de dominerande deformationsmekanismerna är diffusionskrypning eller Harper-Dorn-krypning beroende på kornstorleken.

2.3. Beräkning av krypningshastigheten

Att beräkna hur fort glaskroppen i fig.1 förflyttar uppåt är komplicerat eftersom blyet måste flyta runt glaskroppen, och flytningen dessutom påverkas av svåruppskattade friktionseffekter vid begränsningsytorna. I stället behandlas ett förenklat fall, som ger en övre gräns för töjningshastigheten. Deformationen behandlas som en enaxlig kompression av en blykropp, se fig.4.

Från ref.1 fås följande uttryck för töjningshastigheten.

Harper-Dorn krypning

$$\dot{\epsilon} = 4 \cdot 10^{-10} \frac{D_{ov} b}{kT} \sigma \exp \left\{ - \frac{Q_V}{RT} \right\} \quad (1)$$

Diffusionskrypning

$$\dot{\epsilon} = \frac{14\sigma\Omega}{kT} \left(\frac{D_{ov}}{d^2} \exp \left\{ - \frac{Q_V}{RT} \right\} + \frac{\pi\delta D_{oB}}{d^3} \exp \left\{ - \frac{Q_B}{RT} \right\} \right) \quad (2)$$

Här är $\dot{\epsilon}$ töjningshastighet, σ normalspänning, d kornstorlek, Ω atomvolym, b beloppet av Burgers vektor, R allmänna gaskonstanten, T absolut temperatur. D_{ov} och δD_{oB} förfaktorn för volyms- respektive korngränsdiffusivitet. Q_V och Q_B motsvarande aktiveringsenergies. För bly gäller enligt referens 1:

$$\begin{aligned} D_{ov} &= 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{S} & b &= 3,49 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\ Q_V &= 26,1 \text{ kcal/mol} & \Omega &= 3,03 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3 \\ \delta D_{oB} &= 8 \cdot 10^{-14} \text{ m}^3/\text{S} \\ Q_B &= 15,7 \text{ kcal/mol} \end{aligned}$$

Vidare gäller:

$$\sigma = 1,03 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$T = 333 \text{ K}$$

Kornstorleken varierar från 10^{-5} till 10^{-2} m.

Med dessa data erhålls:

$$\text{För Harper-Dorn krypning } \dot{\epsilon} = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ s}^{-1}$$

För diffusionskrypning, se tabell

Tabell. Deformationshastighet vid diffusionskrypning som funktion av kornstorlek. $T = 60^\circ\text{C}$

| Kornstorlek (m) | Töjnings- hastighet (s^{-1}) | Tid till 50 mm tjocklek hos bly- lagret (år) | Tid till 1 mm tjocklek hos bly- lagret (år) |
|--------------------|---|---|--|
| 10^{-5} | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^2$ | $1,2 \cdot 10^3$ |
| 10^{-4} | $1,2 \cdot 10^{-13}$ | $1,8 \cdot 10^5$ | $1,2 \cdot 10^6$ |
| 10^{-3} | $1,3 \cdot 10^{-16}$ | $1,7 \cdot 10^8$ | |
| 10^{-2} | $2,2 \cdot 10^{-19}$ | $1,0 \cdot 10^{11}$ | |

3. RESULTAT OCH DISKUSSION

Töjningshastigheten beror kraftigt av kornstorleken vid diffusionskrypning, $\dot{\epsilon} \sim 1/d^3$, då sista termen i ekvation (2) ovan dominerar. Resultatet av beräkningarna framgår av tabellen ovan. Tabellen visar även tiden för att minska blylagrets tjocklek till 50 mm och 1 mm. Utgångstjockleken t , fig.1 och 4, har då satts till 100 mm.

Harper-Dorn krypning ger en töjningshastighet $\dot{\epsilon} = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ s}^{-1}$. Tiden till 50 mm tjocklek hos blylagret blir $1,0 \cdot 10^7$ år. Detta är den långsammaste deformationshastighet som kan uppnås, då Harper-Dorn krypning kommer att dominera över diffusionskrypning vid växande kornstorlek. Jämförelse med tabellen ovan visar att detta sker vid kornstorlekar mellan 0,1 mm och 1 mm. Finkornigt material bör därför undvikas.

Enligt Ashby (ref, 1, 2 och 3) tillåter denna typ av beräkningar förutsägelser av töjningshastigheten med en osäkerhet av en faktor 2 till 3, under förutsättning att diffusiviteter och andra indata är väl kända. I detta fall får man räkna med en större osäkerhetsfaktor då speciellt korngränsdiffusiviteten för bly är osäker. För Harper-Dorn krypning finns få experimentella undersökningar, varför även denna är osäker. Detta är emellertid den bästa förutsägelse som kan göras utan ingående undersökningar av det aktuella bly-materialet.

4. SLUTSATSER

Beräkningar på ett förenklat fall visar, att ett 100 mm tjockt blylager som omger en cylindrisk glaskropp med radien 0,2 m och höjden 1,2 m genom krypning halverar sin tjocklek ovanför glaskroppen på mellan 200 och 10^7 år. Denna tid beror kraftigt på blyets kornstorlek, och en kornstorlek på minst 1 mm bör sålunda användas. Beräkningarna är osäkra, men det förenklade beräkningsfallet ger en överskattning av kryphastigheten.

REFERENSER

1. H.J.FROST and M.F.ASHBY; "A second Report on Deformation Mechanism Maps". U.S. Office of Naval Research, Contract N00014-67-A-0298-002 NR-031-732, August 1973.
2. M.F.ASHBY; "A first Report on Deformation-Mechanism Maps"
Acta Met. 20 (1972), 887-897.
3. M.F.ASHBY; "Strengthening Methods in Metals and Alloys", Proc. 3rd Int.Conf on the Strength of Metals and Alloys, vol 2., p8-42, Cambridge 1973.

Cylindersymmetri

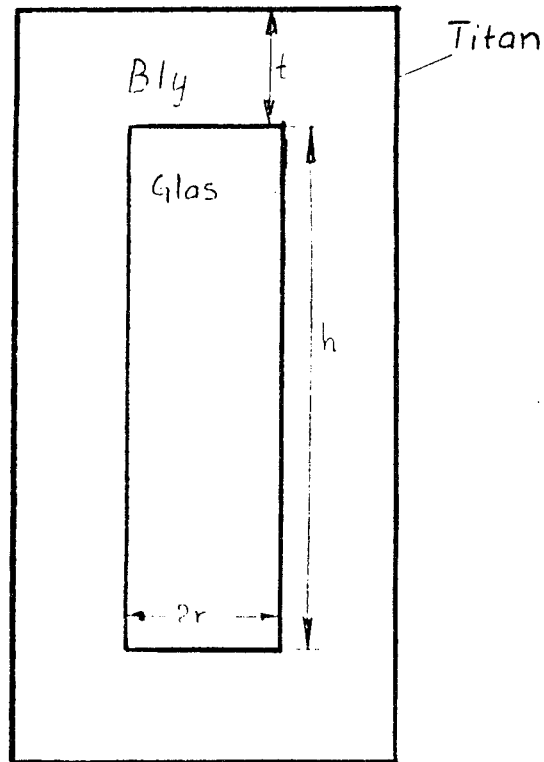


Fig 1. Cylindrisk glaskropp med höjden h , radien r , innesluten i cylindrisk blymantel med tjockleken t , omgiven av titanhölje.

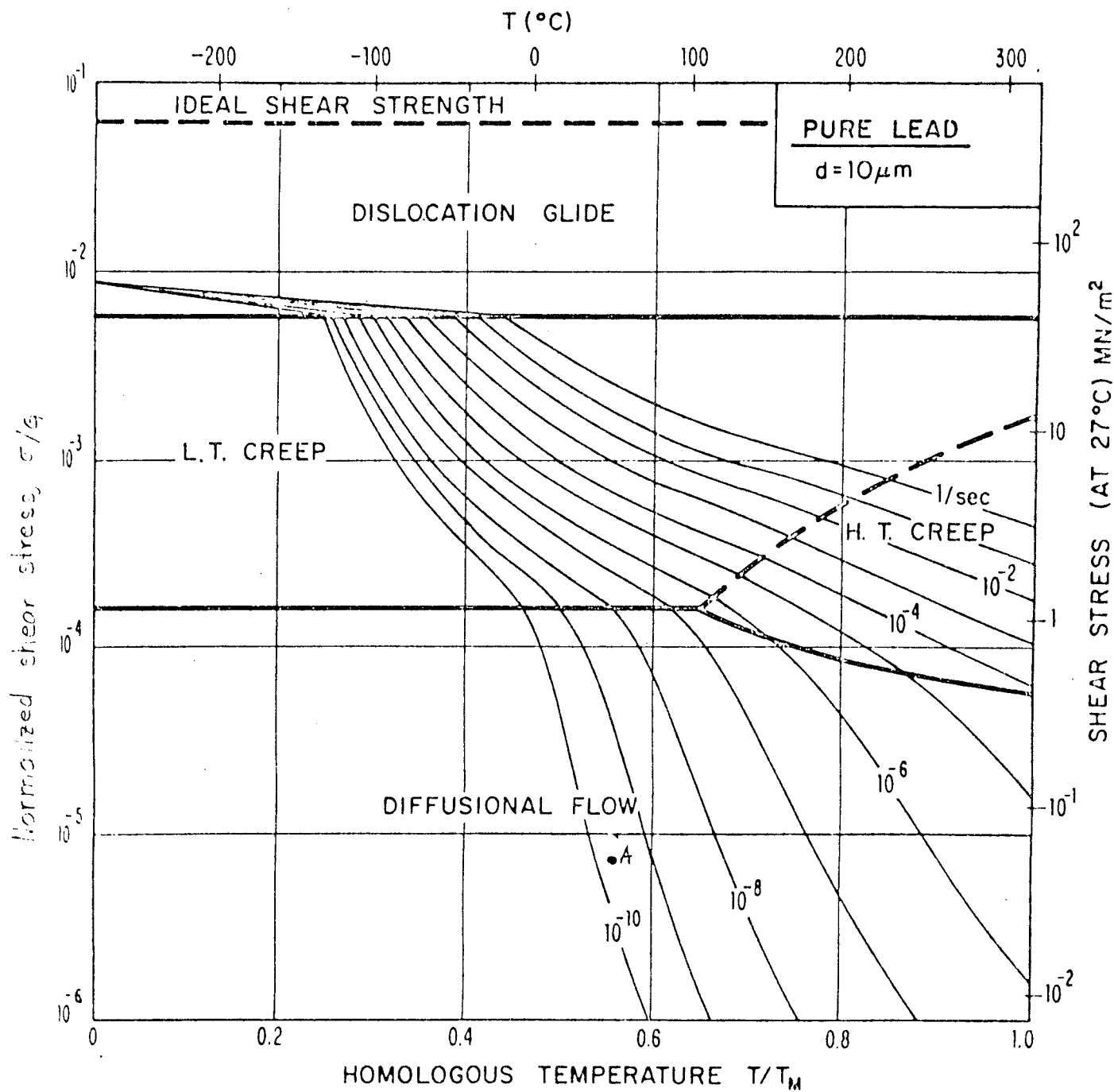


Fig 2. Deformationskarta för rent bly med kornstorleken 10 μm.
från ref.1. Punkten vid A markerar aktuell spänning och
temperatur.

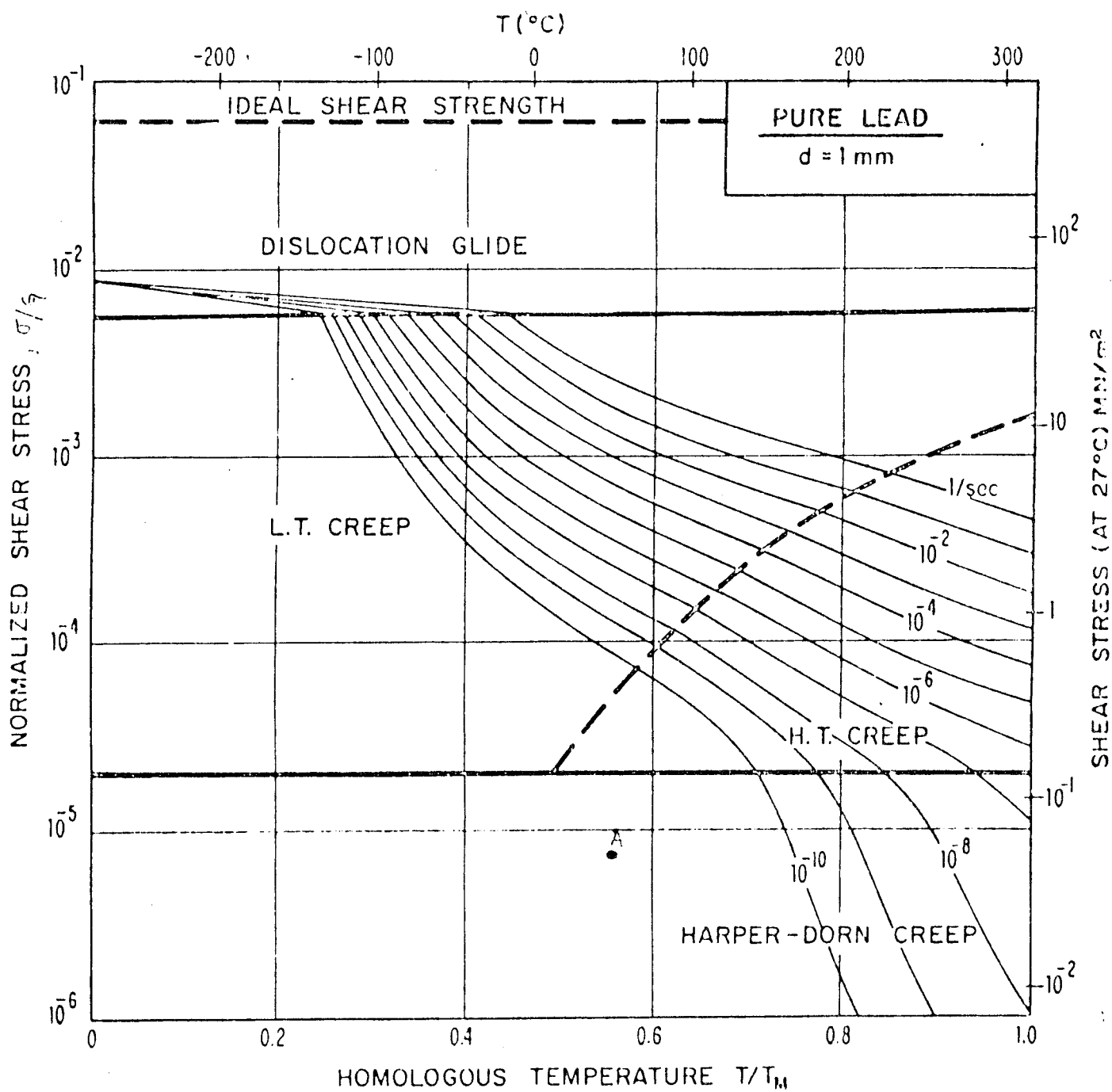


Fig 3. Deformationskarta för rent bly med korncornstorleken 1 mm.
 Från ref. 1. Punkten vid A markerar aktuell spänning och
 temperatur.

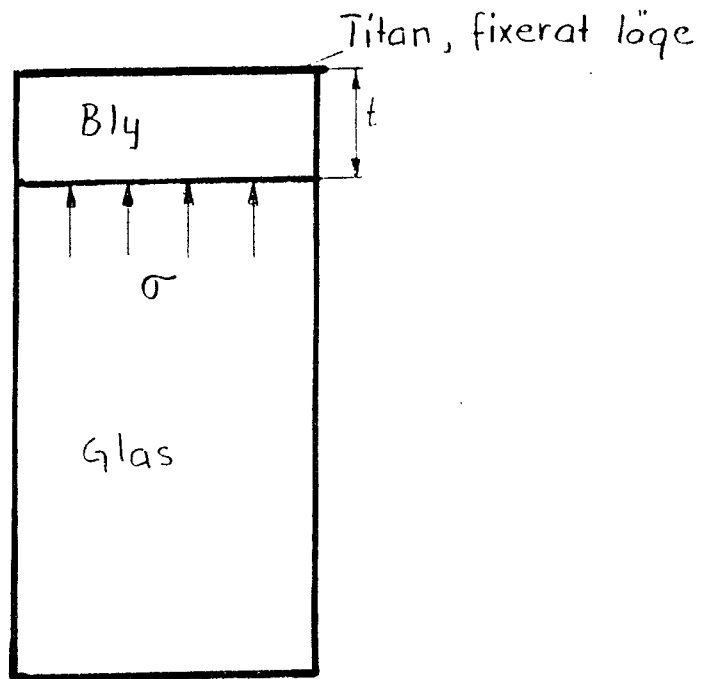


Fig 4. Förenklad geometri för beräkning av kryphastighet.

FÖRÄNDRING AV KRYPEGENSKAPERNA HOS ETT BLYHÖLJE SOM FÖLJD AV EN MEKANISK SKADA

Göran Eklund

Institutet för Metallforskning, Stockholm

April 1978

INLEDNING

Upparbetat förglasat avfall är enligt förutsättningarna inneslutet i ett blyhölje som i sin tur är inneslutet i en titanbehållare fixerande dess ytteryta. Då glaskroppens täthet är lägre än blyets kommer glaskroppen att flyta upp. Blyet undergår därvidlag krypdeformation och de dominerande deformationsmekanismerna är diffusionskrypning och Harper-Dorn-krypning.

Vid beräkning av kryphastigheten finner man att denna är starkt beroende av kornstorleken hos blyet. Vid en kornstorlek på 10^{-5} m tar det en tid av $1,8 \cdot 10^2$ år för att glaskroppen skall flyta upp 50 mm. Vid en kornstorlek på 10^{-4} m är motsvarande tid $1,8 \cdot 10^5$ år och vid 10^{-3} m, $1,7 \cdot 10^8$ år.

Nu är avsikten att före förvaringen värmebehandla blymateln så att kornstorleken blir betryggande stor och risken för att glaskroppen skall flyta upp inom överskådlig tid blir obefintlig.

Emellertid kan vid hantering av kapseln mekaniska skador uppstå varvid blyet lokalt utsättes för en mekanisk deformation. Detta har till följd att blyet rekristalliserar varvid ett område med mindre kornstorlek uppstår. Man har då framkastat möjligheten att diffusionshastigheten för blyatomerna ökar lokalt och att risk finns för att glaskroppens läge i blymanteln ändras eller

att bly skulle kunna rinna ut genom ett eventuellt hål i titanhöljet.

Av denna anledning har några försök utförts för att utröna;

1. Hur små blykristallerna blir vid en chockartad mekanisk bearbetning samt vid en långsammare mekanisk deformation, såsom vid ett brinellintryck?
2. Hur snabbt en korntillväxt sker vid det deformerade stålet vid den temperatur som är aktuell för kapseln?

EXPERIMENTELLT

Försöken utfördes på kutsar av "Bolidenbly" med dimensionerna, diameter 30mm, höjd 20mm. En kuts utsattes för ett kraftigt slag med nithammare och på en annan kuts gjordes ett brinellintryck med en 6mm kula. Kutsarna delades i två halvor varefter strukturen etsades fram. Efter dokumentering av strukturen värmebehandlades kutsarna 70 timmar vid 80°C varefter strukturen ånyo etsades fram.

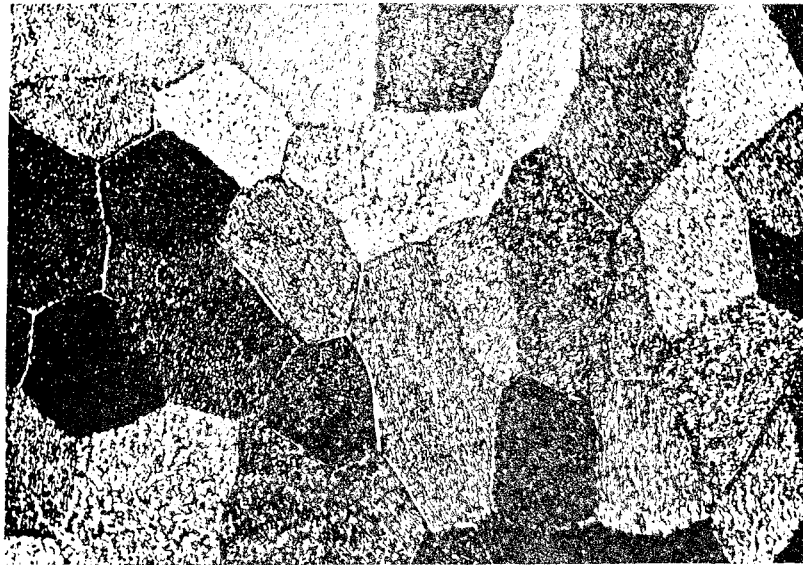
RESULTAT

Fig. 1 visar den ursprungliga kornstorleken före deformation med nithammare, kornstorleken är där ca $5 \cdot 10^{-4}$ m. Efter deformation är den minsta kornstorleken $5 \cdot 10^{-5}$ m, fig. 2. En värmebehandling vid 80°C under 70 timmar medför en korntillväxt och de minsta korn som då kan observeras är ca 10^{-4} m, fig.3.

Fig. 4 och 5 visar strukturen vid brinellintrycket före och efter värmebehandling. Man kan där observera att en kraftig korntillväxt ägt rum under den relativt korta värmebehandlingstiden.

SLUTSATSER

En kraftig deformation med hög deformationshastighet medför inte att kornstorleken minskar så att en abnormt hög kryphastighet erhålles. Vidare sker en kraftig korntillväxt vid den temperatur som är aktuell vid deponeringstillfället. Korntillväxten är markant redan efter 70 timmar. Man kan därför dra slutsatsen att en mekanisk deformation av blymanteln inte medför någon försämring av krypegenskaperna och de farhågor man uttalat saknar därför grund i verkligheten.



40X

FIG 1



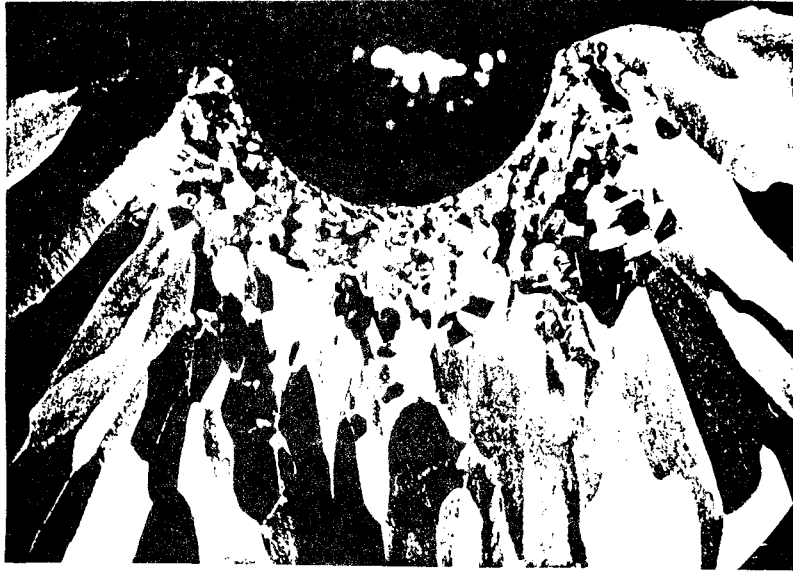
40X

FIG 2



40X

FIG 3



6.5X

FIG 4



6.5X

FIG 5

FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 01 Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 77-04-05
- 02 PM angående värmeledningstal hos jordmaterial
Sven Knutsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
- 03 Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
- 04 Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
- 05 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall, Rapport 1
Roland Blomqvist
AB Atomenergi 77-03-17
- 06 Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan
Ulf Lindblom
Hageconsult AB 77-02-28
- 07 Resteffekt studier för KBS
Del 1 Litteraturgenomgång
Del 2 Beräkningar
Kim Ekberg
Nils Kjellbert
Göran Olsson
AB Atomenergi 77-04-19
- 08 Utläkning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 77-05-20

- 09 Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium
Hans Häggblom
AB Atomenergi 77-03-24
- 10 Translation and development of the BNWL-Geosphere Model
Bertil Grundfelt
Kemakta Konsult AB 77-02-05
- 11 Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall
Sture Henriksson
AB Atomenergi 77-04-18
- 12 Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg
Sven G Bergström
Göran Fagerlund
Lars Rombén
Cement- och Betonginstitutet 77-06-22
- 13 Urlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering
Ragnar Gelin
AB Atomenergi 77-06-08
- 14 Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-20
- 15 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Rapport 2
Roland Blomquist
AB Atomenergi 77-05-17
- 16 Översikt av utländska riskanalyser samt planer och projekt rörande slutförvaring
Åke Hultgren
AB Atomenergi augusti 1977
- 17 The gravity field in Fennoscandia and postglacial crustal movements
Arne Bjerhammar
Stockholm augusti 1977
- 18 Rörelser och instabilitet i den svenska berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet augusti 1977
- 19 Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
Sveriges Geologiska Undersökning september 1977

- 20 Tektonisk analys av södra Sverige, Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
Lunds Universitet och Högskolan Luleå september 1977
- 21 Earthquakes of Sweden 1891 - 1957, 1963 - 1972
Ota Kulhánek
Rutger Wahlström
Uppsala Universitet september 1977
- 22 The influence of rock movement on the stress/strain situation in tunnels or bore holes with radioactive constituents embedded in a bentonite/quartz buffer mass
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 23 Water uptake in a bentonite buffer mass
A model study
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 24 Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och aktinider från en cylinder av franskt glas
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27
- 25 Blekinge kustgnejs, Geologi och hydrogeologi
Ingemar Larsson KTH
Tom Lundgren SGI
Ulf Wiklander SGU
Stockholm, augusti 1977
- 26 Bedömning av risken för fördröjt brott i titan
Kjell Pettersson
AB Atomenergi 1977-08-25
- 27 A short review of the formation, stability and cementing properties of natural zeolites
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå 1977-10-03
- 28 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av bentonit/pitesilt
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-09-20
- 29 Deformationer i sprickigt berg
Ove Stephansson
Högskolan i Luleå 1977-09-28
- 30 Retardation of escaping nuclides from a final depository
Ivars Neretnieks
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm 1977-09-14
- 31 Bedömning av korrosionsbeständigheten hos material avsedda för kapsling av kärnbränsleavfall. Lägesrapport 1977-09-27 samt kompletterande yttranden.
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp

- 32 Long term mineralogical properties of bentonite/quartz
buffer substance
Preliminär rapport november 1977
Slutrapport februari 1978
Roland Pusch
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer masses
Roland Pusch
Högskolan Luleå 1977-10-19
- 34 Tillverkning av bly-titan kapsel
Folke Sandelin AB
VBB
ASEA-Kabel
Institutet för metallforskning
Stockholm november 1977
- 35 Project for the handling and storage of vitrified high-level
waste
Saint Gobain Techniques Nouvelles October, 1977
- 36 Sammansättning av grundvatten på större djup i granitisk
berggrund
Jan Rennerfelt
Orrje & Co, Stockholm 1977-11-07
- 37 Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts
Hans Fagerström, VBB
Björn Lundahl, Stabilator
Stockholm oktober 1977
- 38 Utformning av bergrumsanläggningar
Arne Finné, KBS
Alf Engelbrektson, VBB
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering
ASEA-ATOM
VBB
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna
radioaktiva ämnen
Ronny Bergman
Ulla Bergström
Sverker Evans
AB Atomenergi
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.
Lagar, normer och bedömningsgrunder
Christina Gyllander
Siegfried F Johnson
Stig Rolandson
AB Atomenergi och ASEA-ATOM

- 42 Säkerhet vid hantering, lagring och transport av använt kärnbränsle och förglasat högaktivt avfall
Ann Margret Ericsson
Kemakta november 1977
- 43 Transport av radioaktiva ämnen med grundvatten från ett bergförvar
Bertil Grundfelt
Kemakta november 1977
- 44 Beständighet hos borsilikatglas
Tibor Lakatos
Glasteknisk Utveckling AB
- 45 Beräkning av temperaturer i ett envånings slutförvar i berg för förglasat radioaktivt avfall Rapport 3
Roland Blomquist
AB Atomenergi 1977-10-19
- 46 Temperaturberäkningar för använt bränsle
Taivo Tarandi
VBB
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser
Preliminär rapport oktober 1977
Slutrapport februari 1978
Lars Y Nilsson
John Stokes
Roger Thunvik
Inst för kulturteknik KTH
- 48 The mechanical properties of the rocks in Stripa, Kråkemåla, Finnsjön and Blekinge
Graham Swan
Högskolan i Luleå 1977-09-14
- 49 Bergspänningsmätningar i Stripa gruva
Hans Carlsson
Högskolan i Luleå 1977-08-29
- 50 Läckningsförsök med högaktivt franskt glas i Studsvik
Göran Blomqvist
AB Atomenergi november 1977
- 51 Seismotectonic risk modelling for nuclear waste disposal in the Swedish bedrock
F Ringdal
H Gjöstaldal
E S Hysebye
Royal Norwegian Council for scientific and industrial research
- 52 Calculations of nuclide migration in rock and porous media, penetrated by water
H Häggblom
AB Atomenergi 1977-09-14

- 53 Mätning av diffusionshastighet för silver i lera-sand-blandning
Bert Allard
Heino Kipatsi
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15
- 54 Groundwater movements around a repository
- 54:01 Geological and geotechnical conditions
Håkan Stille
Anthony Burgess
Ulf E Lindblom
Hagconsult AB september 1977
- 54:02 Thermal analyses
Part 1 Conduction heat transfer
Part 2 Advective heat transfer
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:03 Regional groundwater flow analyses
Part 1 Initial conditions
Part 2 Long term residual conditions
Anthony Burgess
Hagconsult AB oktober 1977
- 54:04 Rock mechanics analyses
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:05 Repository domain groundwater flow analyses
Part 1 Permeability perturbations
Part 2 Inflow to repository
Part 3 Thermally induced flow
Joe L Ratigan
Anthony S Burgess
Edward L Skiba
Robin Charlwood
- 54:06 Final report
Ulf Lindblom et al
Hagconsult AB oktober 1977
- 55 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg
Del 1 Bestämning av fördelningskoefficienter
Del 2 Litteraturgenomgång
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-10
- 56 Radiolys av utfyllnadsmaterial
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15

- 57 Stråldoser vid haveri under sjötransport av kärnbränsle
Anders Appelgren
Ulla Bergström
Lennart Devell
AB Atomenergi 1978-01-09
- 58 Strålrisker och högsta tillåtliga stråldoser för människan
Gunnar Walinder
FOA 4 november 1977
- 59 Tectonic lineaments in the Baltic from Gävle to Simrishamn
Tom Flodén
Stockholms Universitet 1977-12-15
- 60 Förarbeten för platsval, berggrundsundersökningar
Sören Scherman
- Berggrundvattenförhållande i Finnsjöområdet nordöstra del
Carl-Erik Klockars
Ove Persson
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 61 Permeabilitetsbestämningar
Anders Hult
Gunnar Gidlund
Ulf Thoregren
- Geofysisk borrhålmätning
Kurt-Åke Magnusson
Oscar Duran
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 62 Analyser och åldersbestämningar av grundvatten på stora djup
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning 1978-02-14
- 63 Geologisk och hydrogeologisk grunddokumentation av
Stripa försöksstation
Andrei Olkiewicz
Kenth Hansson
Karl-Erik Almén
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1978
- 64 Spänningsmätningar i Skandinavisk berggrund - förutsättningar,
resultat och tolkning
Sten G A Bergman
Stockholm november 1977
- 65 Säkerhetsanalys av inkapslingsprocesser
Göran Carleson
AB Atomenergi 1978-01-27
- 66 Några synpunkter på mekanisk säkerhet hos kapsel för
kärnbränsleavfall
Fred Nilsson
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm februari 1978

- 67 Mätning av galvanisk korrosion mellan titan och bly samt mätning av titans korrosionspotential under γ -bestrålning.
3 st tekniska PM.
Sture Henrikson
Stefan Poturaj
Maths Åsberg
Derek Lewis
AB Atomenergi januari-februari 1978
- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänglagring och hantering av utbränt kraftreaktorbränsle
Gunnar Vesterlund
Torsten Olsson
ASEA-ATOM 1978-01-18
- 69 A three-dimensional method for calculating the hydraulic gradient in porous and cracked media
Hans Häggblom
AB Atomenergi 1978-01-26
- 70 Lakning av bestrålat UO_2 -bränsle
Ulla-Britt Eklund
Ronald Forsyth
AB Atomenergi 1978-02-24
- 71 Bergspricktätning med bentonit
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-11-16
- 72 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av kompakterad bentonit
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-11-18
- 73 Self-injection of highly compacted bentonite into rock joints
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 74 Highly compacted Na bentonite as buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 75 Small-scale bentonite injection test on rock
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 76 Experimental determination of the stress/strain situation in a sheared tunnel model with canister
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 77 Nuklidvandring från ett bergförvar för utbränt bränsle
Bertil Grundfelt
Kemakta konsult AB, Stockholm
- 78 Bedömning av radiolys i grundvatten
Hilbert Christenssen
AB Atomenergi 1978-02-17

- 79 Transport of oxidants and radionuclides through a clay barrier
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20
- 80 Utdiffusion av svårlösliga nuklider ur kapsel efter kapselgenombrott
Karin Andersson
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-07
- 81 Tillverkning av kopparkapsel
Kåre Hannerz
Stefan Sehlstedt
Bengt Lönnerberg
Liberth Karlson
Gunnar Nilsson
ASEA, ASEA-ATOM
- 82 Hantering och slutförvaring av aktiva metalldelar
Bengt Lönnerberg
Alf Engelbrektsson
Ivars Neretnieks
ASEA-ATOM, VBB, KTH
- 83 Hantering av kapslar med använt bränsle i slutförvaret
Alf Engelbrektsson
VBB Stockholm april 1978
- 84 Tillverkning och hantering av bentonitblock
Alf Engelbrektsson
Ulf Odebo
ASEA, VBB
- 85 Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje innehållande en glaskropp under inverkan av tyngdkraften
Anders Samuelsson
- Förändring av krypegenskaperna hos ett blyhölje som följd av en mekanisk skada
Göran Eklund
Institutet för Metallforskning september 1977 - april 1978
- 86 Diffusivitetmätningar av metan och väte i våt lera
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-01-09
- 87 Diffusivitetmätningar i våt lera Na-lignosulfonat, Sr^{2+} , Cs^+
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-16
- 88 Ground water chemistry at depth in granites and gneisses
Gunnar Jacks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm april 1978