

Handläggare
KekC/Ö Hallberg

Godkänd

Benämning/Ärende

Termisk utmattning av Al-bondtrådar genom strömpulsning.

Dokumentnamn

RAPPORT

Blad

Datum

1975-04-08

Korr

Beteckning

Språkutgåva

Tillhör

1 SAMMANFATTNING

Vid strömpulsning av en trådbondad komponent uppvärms bondtråden genom den utvecklade effekten då tråden har en viss resistans.

Uppvärmningen ger upphov till en förlängning av tråden och därmed en böjpkänning kring fästpunkterna.

Temperaturhöjningen som funktion av ström och tid har beräknats. Ett antal livslängdsprov har utförts där pulsamplitud och pulstid har varierat och antal cykler till avbrott har registrerats.

Ett samband mellan temperaturhöjning och antal cykler till avbrott har konstaterats, vilket fått utgöra underlag för konstruktion av diagram över säkra arbetsområden för olika bondtrådar.

2 BERÄKNING AV TEMPERATURHÖJNING

2.1 Teoretiskt uttryck

$$\Delta T\left(\frac{L}{2}, t\right) = \frac{I^2 \cdot \frac{L^2}{\pi^5 D^4} \cdot \frac{64}{\pi} \cdot \rho_0}{1 - \frac{I^2 L^2}{\pi^5 D^4} \cdot \frac{64}{\pi} \cdot \rho_0 \cdot \frac{2}{3\pi} \cdot k} \cdot \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{\pi \alpha}{L}\right)^2 \cdot t\right)\right) \dots (1)$$

Detta uttryck, som närmare beskrivs i ref. 1, ger ett approximativt värde på temperaturhöjningen med hänsynstagande till resistivitetsens temperaturberoende. I uttrycket ingår följande konstanter:

- L = bondlängd (m)
- I = ström (A)
- ρ = resistivitet (ohm m)
- D = tråddiameter (m)
- α = termisk ledningsförmåga (W/m⁰ C)

$$\rho = \rho_0 + k \cdot T$$

$$\rho_0 = 3 \cdot 10^{-8} \quad (\text{ohm m})$$

$$k = 1.17 \cdot 10^{-10} \quad (\text{ohm m}/^{\circ} \text{C})$$

$$T = \text{temperatur} \quad (^{\circ} \text{C})$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{2t}{\sigma \cdot C}}$$

$$C = \text{specifikt värme} \quad (\text{Ws/Kg}^{\circ} \text{C})$$

$$\sigma = \text{täthet} \quad (\text{Kg/m}^3)$$

$$t = \text{tid}$$

2.2 BERÄKNINGSRESULTAT

Diagram 1 - 4 utgör resultat av beräkning av ekvation 1 för fyra olika bondtrådar.

3 RESULTAT AV LÅNGTIDSPROV

Test nr	Lead length (mm)	Pulse time (ms)	Amplitude (A)	Life time (cycles)	Temp.change ($^{\circ}$ C)
1	1.8	1	1	$> 1.4 \cdot 10^7$	130
2	1.8	5	1	$1.5 \cdot 10^4$	360
3	1.8	10	1	$4 \cdot 10^3$	440
4	2.0	10	0.8	$1.2 \cdot 10^5$	270
5	2.0	100	0.6	$1.5 \cdot 10^4$	130
6	2.0	100	0.5	$3.6 \cdot 10^6$	80
7	1.4	20	0.5	$> 5 \cdot 10^7$	40
8	1.2	40	0.35	$> 1.6 \cdot 10^7$	10
9	3.5	40	0.35	$2 \cdot 10^5$	130
10	2.0	100	0.5	$7.2 \cdot 10^6$	80
11	1.8	100	0.5	$7.2 \cdot 10^6$	65

Result of life tests

Ovanstående resultat har prickats in i ett diagram 5.

Det framgår av detta att pulståligheten väsentligt reduceras om pulstiden närmar sig den termiska tidskonstanten på tråden, τ . Detta innebär nämligen att bondtrådens fästpunkt börjar uppvärmas och detta påskyndar utmattningsförloppet. Av diagrammet kan man sluta sig till att 100° C är en säker gräns om $t_p < \tau$ och 40° C är en säker gräns för $t_p > \tau$.

4 "SÄKERT" ARBETSOMRÅDE FÖR BONDTRÅDAR 25 u Al

Resultatet av diagram 5 har utnyttjats för att ur bl a diagram 1 -4 ta fram säkra arbetsområden för bondtrådar av olika längd. Detta presenteras i diagram 6. Diagrammet ger pulslängd och tillhörande max pulsamplitud för att garantera en acceptabel livslängd ($\gg 10^8$ cykler)

5 BILDSERIE AV ETT UTMATTNINGSFÖRLOPP

Genom att utnyttja det framtagna materialet var det möjligt att konstruera ett driftsfall där den studerade komponenten skulle "avlida" efter ett begränsat antal cykler. Förloppet följdes i SEM och bandades på videotape. Bildserien är hämtad från försöket och visar hur sprickbildningen i fästpunkten utbreder sig för att sluta i ett avbrott.

6 REFERENSER

"Thermal fatigue of bond leads caused by current pulses"
Ö Hallberg, ELLEMTEL report number K 75 132

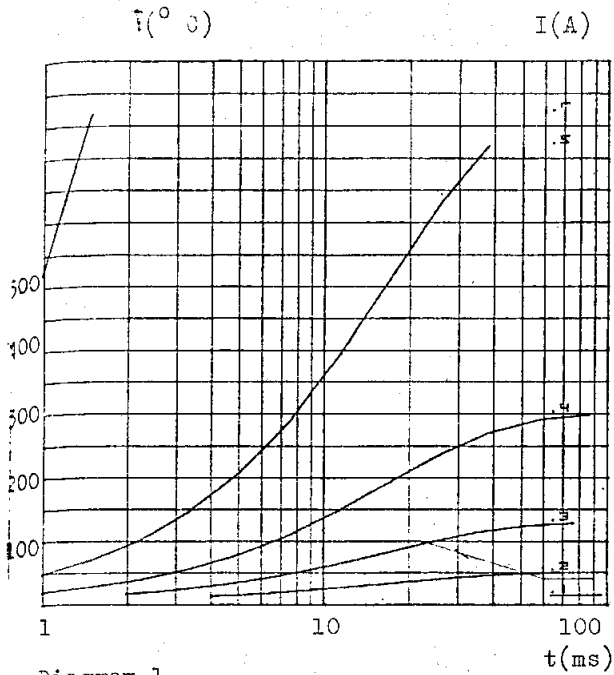


Diagram 1

Temperaturhöjning som funk. av tid och ström. $D = 25 \mu$, $L = 4 \text{ mm}$

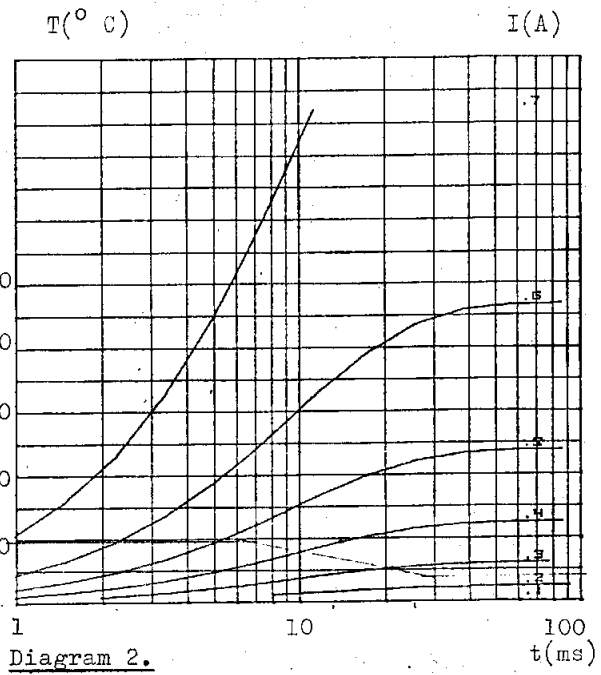


Diagram 2.

$D = 25 \mu$, $L = 3 \text{ mm}$

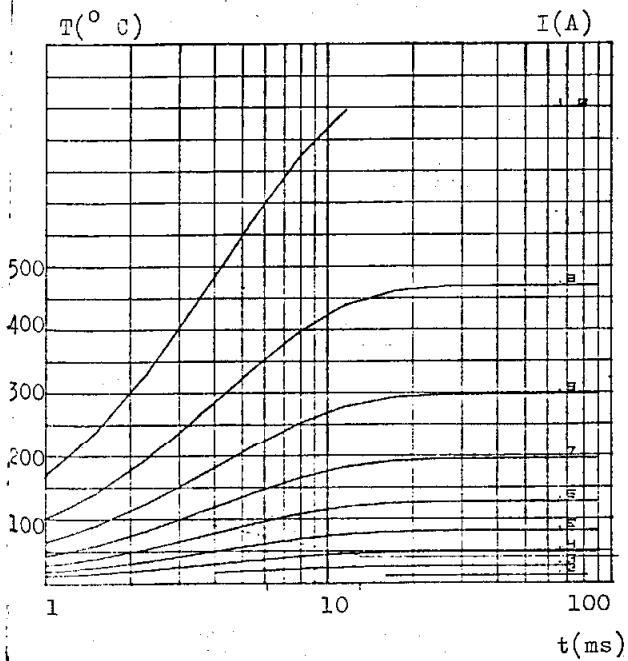


Diagram 3.

$D = 25 \mu$, $L = 2 \text{ mm}$

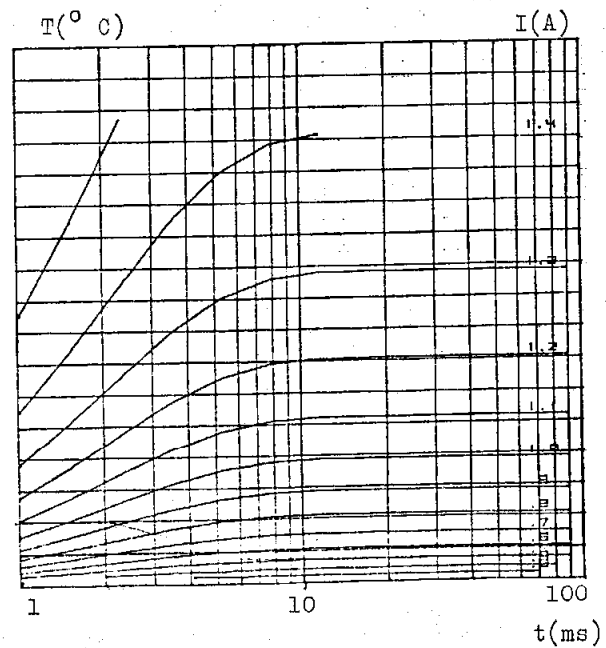
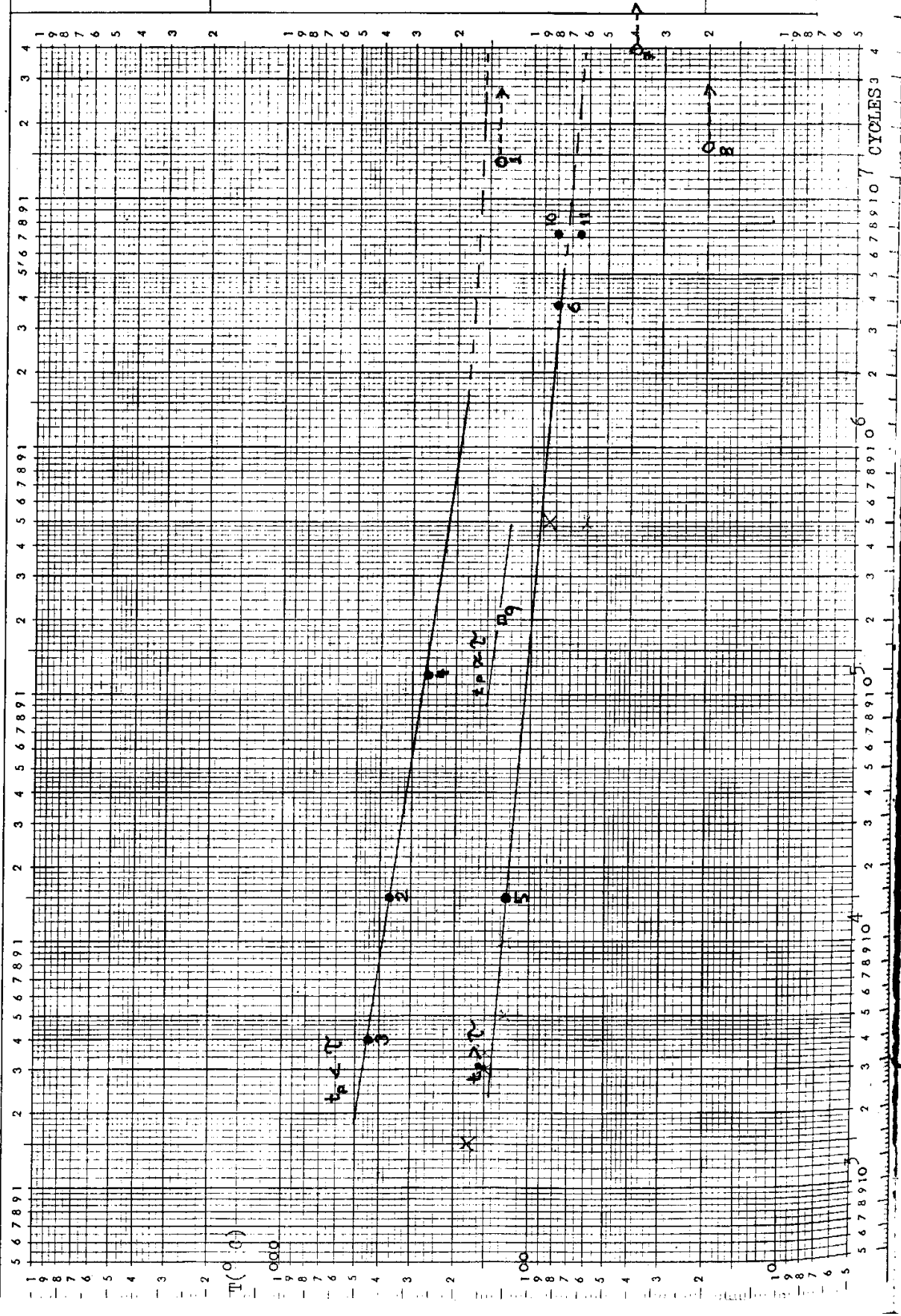


Diagram 4.

$D = 25 \mu$, $L = 1,4 \text{ mm}$

124.
 Results of lifetests on various bondleads
 at different pulse conditions.
 Number of cycles VS peak temperature
 t_p = pulse width, γ = thermal time constant Diagram 5



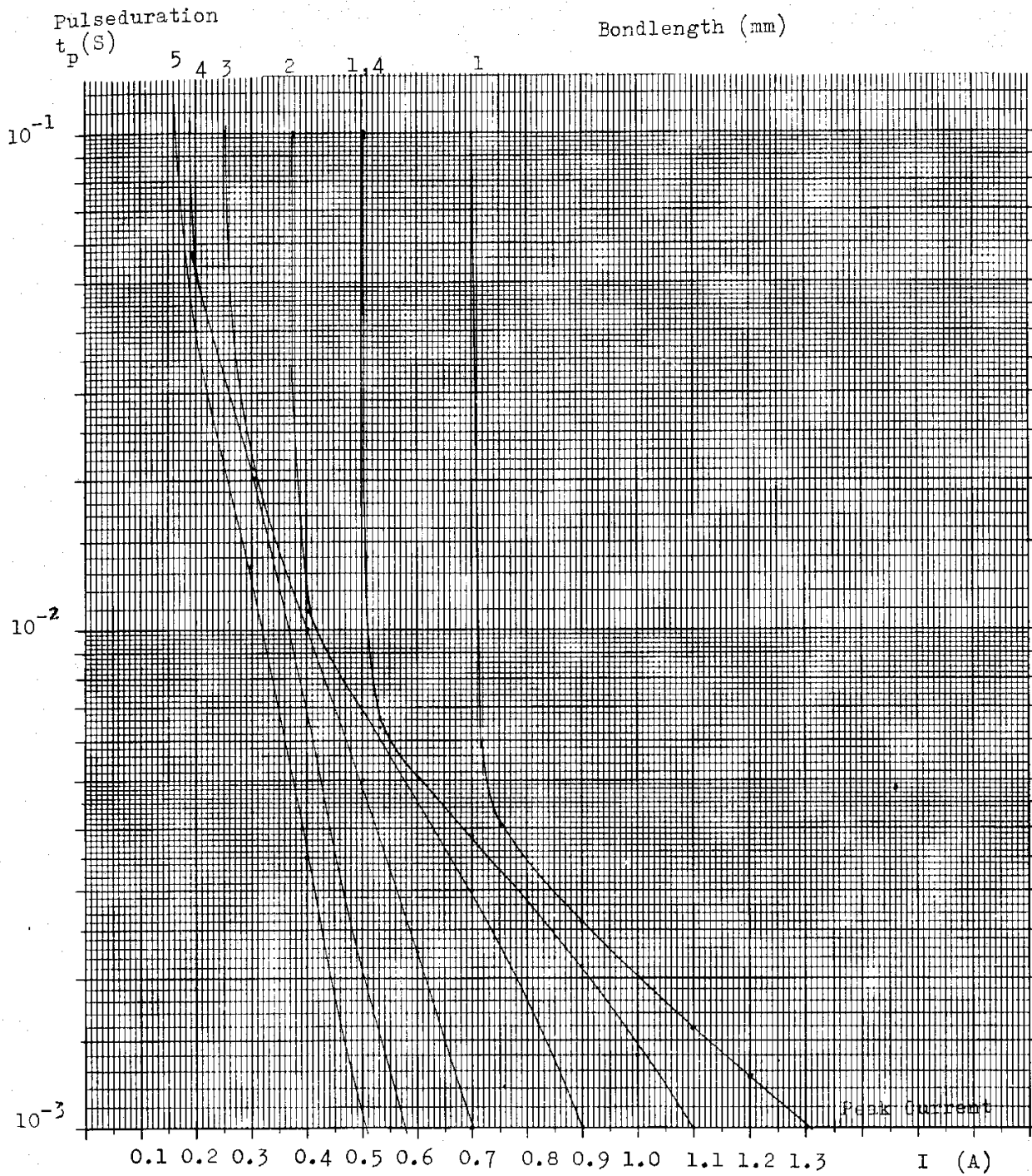
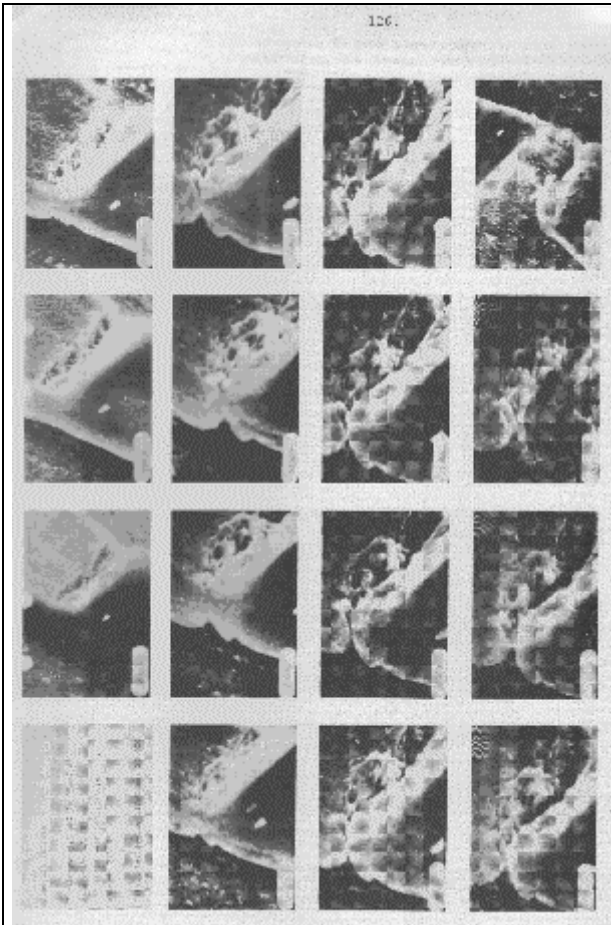
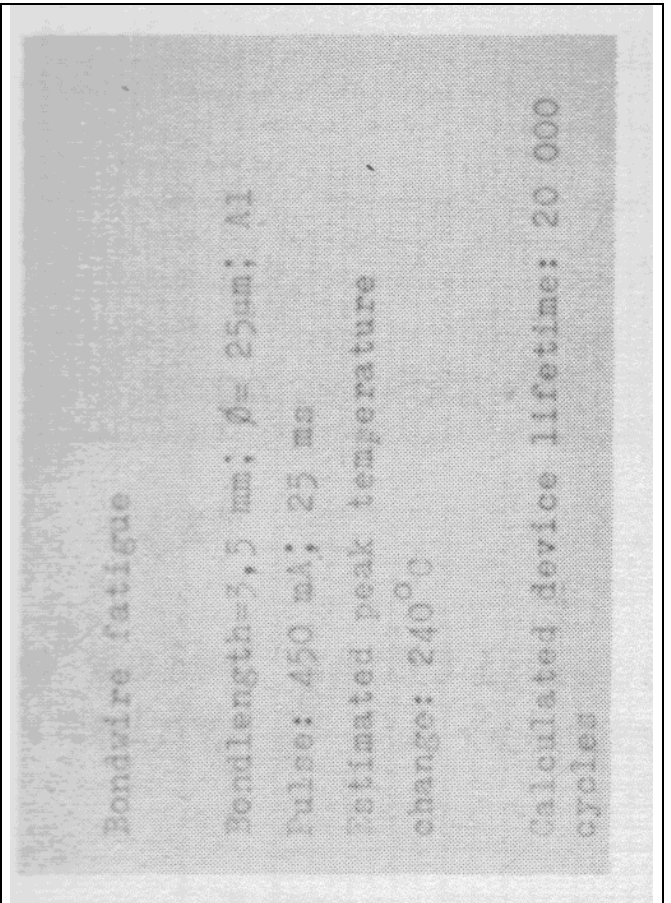


Diagram 6. "Safe areas" for different bondlengths. Pulseconditions below or to the left of the appropriate curve will survive $\gg 10^8$ cycles.



Total film sequence, 0-35000 cycles



Details about the sample



Start view



Just before break at 35000 cycles