

本資料は 年 月 日付けで登録区分、  
変更する。 2001. 6. 6

[技術情報室]

## 改良オーステナイト鋼被覆管の端栓溶接試験

1988年8月

動力炉・核燃料開発事業団  
東 海 事 業 所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2001



## 改良オーステナイト鋼被覆管の端栓溶接試験

三島 毅\* 飛田 典幸\*  
関 正之\* 豊島光男\*  
薦木 浩一\* 井坂和彦\*\*

### 要 旨

「もんじゅ」高燃焼度炉心取替燃料用のバックアップ被覆管材として、試作された改良オーステナイト鋼6鋼種の被覆管について、端栓との溶接性及び溶接部の機械的特性を端栓の材質との関連において把握するための試験を行った。試験は、以下の様に分けて実施した。

試験Ⅰ：改良オーステナイト鋼の被覆管とSUS316相当鋼の端栓を溶接した試験

試験Ⅱ：改良オーステナイト鋼の被覆管と同鋼種の端栓を溶接した試験

以下に試験結果の概略を示す。

- ① 外観については、6鋼種共アンダーカット、クラック、ピンホール、着色はみられず、また、溶接ビード幅も全周にわたって均一であった。
- ② 断面金相状態については、6鋼種共被覆管肉厚以上の溶け込みがあり、溶接部は、SUS316相当鋼と同様な金属組織が観察された。
- ③ 溶接部の引張強さは、6鋼種共素管の引張強さに比べ約9.4%に低下している。また、これらの値はSUS316相当鋼の引張強さと同等な値であった。
- ④ 内圧バーストについては、6鋼種共被覆管部から破裂した。破裂値は、平均で約1400kg/cm<sup>2</sup>で素管とほぼ同等の値であった。

以上の結果から

改良オーステナイト鋼の被覆管と端栓の溶接性及び溶接部の機械的特性は、端栓が同鋼種であっても、SUS316相当鋼であっても、同等の結果が得られた。

従って、改良オーステナイト鋼被覆管の溶接は、従来通りのTIG溶接法及び溶接条件で可能であることを確認した。

\* プルトニウム燃料部設計開発課

\*\* 原子力技術研究開発機構

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 部材特性 .....	2
2.1 被覆管鋼種及び化学成分 .....	2
2.2 機械的特性 .....	2
3. 溶接試験 .....	4
3.1 溶接試験条件 .....	4
3.1.1 使用部材 .....	4
3.1.2 使用装置 .....	4
3.1.3 溶接条件 .....	4
4. 試験検査 .....	6
4.1 検査方法 .....	6
4.2 試験-Iの検査結果 .....	7
4.2.1 外観検査結果 .....	7
4.2.2 寸法検査(溶接ビード部外径)結果 .....	7
4.2.3 断面金相試験結果 .....	7
4.2.4 硬さ測定結果 .....	7
4.2.5 引張試験結果 .....	8
4.2.6 内圧バースト試験結果 .....	8
4.3 試験-IIの検査結果 .....	9
4.3.1 外観検査結果 .....	9
4.3.2 寸法検査(溶接ビード部外径)結果 .....	9
4.3.3 断面金相試験結果 .....	10
4.3.4 硬さ測定結果 .....	10
4.3.5 引張試験結果 .....	10
4.3.6 内圧バースト試験結果 .....	11
5. 考 察 .....	12
5.1 外 観 .....	12
5.2 溶接部ビード外径 .....	12
5.3 断面金相 .....	12
5.4 硬 さ .....	12
5.5 引張強さ .....	12
5.6 内圧バースト .....	13

6. まとめ .....	14
7. 謝 辞 .....	15

## 図 リ ス ト

Fig. 1	トーチ位置	5
Fig. 2	溶接パターン	5
Fig. 3	ビード外径の比較	16
Fig. 4~9	ビッカース硬度測定結果(試験-I)	17~22
Fig. 10~15	" (試験-II)	23~28
Fig. 16,17	" (SUS316相当鋼共材)	29,30

## 表 リ ス ト

Table 1	鋼種及び化学成分	2
Table 2	機械的特性	3
Table 3	溶接条件	4
Table 4	検査方法	6
Table 5	引張強さの比較（試験-I）	8
Table 6	破裂圧の比較（試験-I）	9
Table 7	引張強さの比較（試験-II）	11
Table 8	破裂圧の比較（試験-II）	11

## 写 真 リ ス ト

Photo 1, 2	外観(試験-I)	31, 32
Photo 3, 4	外観(試験-II)	33, 34
Photo 5~10	断面金相(試験-I)	35~40
Photo 11~16	断面金相(試験-II)	41~43
Photo 17	ビッカース硬度測定点	44
Photo 18~20	引張試験破断位置(試験-I)	45~47
Photo 21~23	引張試験破断位置(試験-II)	48~50
Photo 24, 25	内圧バースト試験破裂部(試験-I)	51, 52
Photo 26, 27	内圧バースト試験破裂部(試験-II)	53, 54

## 1. はじめに

高速増殖炉「もんじゅ」高燃焼度取替用、実証炉及び実用炉用燃料被覆管としてSUS316相当鋼よりも強度及び耐スエーリング性の向上が期待できる材料開発の一環として、改良オーステナイト鋼の開発が行なわれている。

被覆管試作のため選定された改良オーステナイト鋼は次の6鋼種であり、いずれも固溶強化型である。

15Cr-15Ni-2.5Mo-0.25Ti (57MS1)	昭和57年試作
15Cr-20Ni-2.5Mo-0.20Ti (57MK2)	
15Cr-20Ni-2.5Mo-0.35Ti (57MS3)	
15Cr-25Ni-2.5Mo-0.25Ti (57MK4)	昭和58年試作
15Cr-20Ni-2.5Mo-0.25Ti-0.1Nb (58MS5)	
15Cr-30Ni-2.5Mo-0.25Ti-0.1Nb (58MK6)	

ただし数字は含有率(%)を表わす。

以上の6鋼種被覆管について、端栓との溶接性、溶接部の機械的特性を把握するための試験を実施した。

## 2. 部材特性

### 2.1 被覆管鋼種及び化学成分

Table 1に改良オーステナイト鋼被覆管の鋼種、化学成分及び製造メーカを示す。

Table 1 鋼種及び化学成分

製造メーカー	鋼種番号	化 学 成 分 (%)
住友製	57MS1	15Cr - 15Ni - 2.5Mo - 0.25Ti
	57MS3	15Cr - 20Ni - 2.5Mo - 0.35Ti
	58MS5	15Cr - 20Ni - 2.5Mo - 0.25Ti - 0.1Nb
神鋼製	57MK2	15Cr - 20Ni - 2.5Mo - 0.20Ti
	57MK4	15Cr - 25Ni - 2.5Mo - 0.25Ti
	58MK6	15Cr - 30Ni - 2.5Mo - 0.25Ti - 0.1Nb

注) JOYO-TF-QA-03(AST)より引用

### 2.2 機械的特性

Table 2に改良オーステナイト鋼被覆管の鋼種毎の機械的特性を示す。

Table 2 機械的特性

項目 鋼種	常温引張試験( RT )			高温引張試験( 650°C )			内圧破壊試験( RT )		硬さ	結晶粒度
	引張強さ $\geq 70 \text{ kg/mm}^2$	0.2%耐力 $\geq 60 \text{ kg/mm}^2$	伸び $\geq 10\%$	引張強さ $\geq 45 \text{ kg/mm}^2$	0.2%耐力 $\geq 37 \text{ kg/mm}^2$	伸び $\geq 7\%$	破裂内圧 $\geq 1000 \text{ kg/mm}^2$	降伏圧力 $\geq 900 \text{ kg/mm}^2$	Hv 330以下	No. 6~9
57MS1	76.3	68.4	18	55.2	47.7	10	1420	1200	257	8.0
57MK2	75.8	62.8	16	58.3	53.4	10	1450	1330	253	8.0
57MS3	73.3	68.4	15	52.8	48.2	12	1400	1240	249	8.0
57MK4	75.9	65.3	15	57.3	51.9	10	1355	1280	272	7.5
58MS5	77.2	71.6	17	55.4	48.7	13	1340	1220	267	8.5
58MK6	82.3	70.5	11	61.1	51.4	9	1435	1370	261	7.5
端栓	75.4	64.5	20	49.8	44.8	15	—	—	239	8.0

注) このデータは、高速実験炉「常陽」特殊燃料要素  
B型特殊MOD及びAST燃料要素、高速実験炉検査記録(被覆管)より引用。

### 3. 溶接試験

#### 3.1 溶接試験条件

##### 3.1.1 使用部材

部材名 試験	被覆管	端栓
試験-I	改良オーステナイト鋼	SUS316相当鋼
試験-II	改良オーステナイト鋼	改良オーステナイト鋼

##### 3.1.2 使用装置

(1) 試験-I 上部端栓溶接装置

(2) 試験-II 上部端栓溶接装置

上部端栓溶接装置は、不活性ガス雰囲気(He)中で、TIG溶接法により被覆管と端栓を溶接する装置である。

本装置は溶接装置、溶接容器及び排気装置で構成し、溶接容器内を真空排気後、不活性ガス雰囲気に置換し、グローブを介して操作出来る機能を有している。

##### 3.1.3 溶接条件

試験-I、試験-II、共に同一条件で実施した。

Table 3に溶接条件を、また、電極位置をFig. 1、溶接パターンをFig. 2にそれぞれ示す。

この溶接条件は、高速実験炉「常陽」A型及びB型特殊燃料要素製造時のものである。

Table 3 溶接条件

電流(A)		時間(sec)		回転数 (rpm)	※ <sup>1</sup> 電極位置(mm)		溶接 パターン
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>		アーキ ギャップ	トーチ	
19	17	4.0	2.5	17	0.2	0.45	Fig. 2 に示す

※1) トーチ位置の詳細をFig. 1に示す。

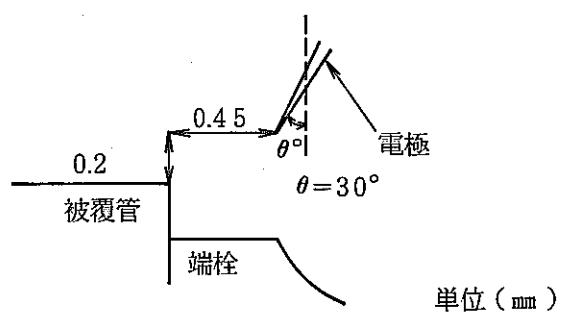


Fig. 1 電極位置図

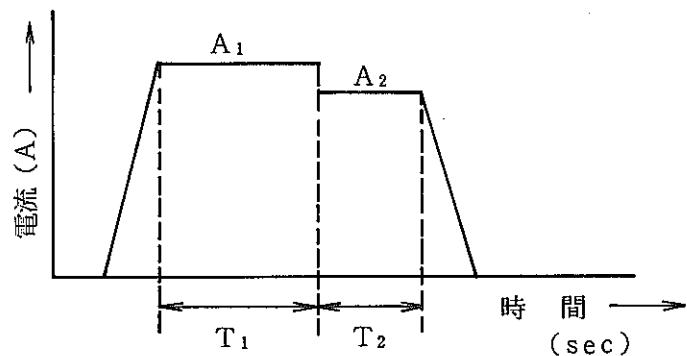


Fig. 2 溶接パターン

## 4. 試験検査

高速実験炉「常陽」照射用炉心特殊燃料要素検査基準 ( JOYO-RF-QA-30 )並びに作業標準に従い検査を行う。

### 4.1 検査方法

Table 4 に検査方法を示す。

Table 4 検査方法

検査方法	検査項目	判定基準	検査方法	備考
非破壊検査	外観検査	溶接部にアンダーカット, クラック, ピンホール, 打ちキズ, 着色, 肩だれの無いこと。 ビード巾が均一であること。	目視 (限界見本との対比)	外観検査作業標準 ( JOYO-TF-STD-363・26 )
	溶接ビード部 外径	φ 6.6 mm以下	リングゲージ ( φ 6.644 ) マイクロメータ	溶接部ビード外径検査作業標準 ( JOYO-TF-STD-363・24 )
破壊検査	溶接ビード部 断面検査	溶け込みが被覆管肉厚以上であること。	顕微鏡法 (写真)	断面金相試験作業標準 ( JOYO-TF-STD-363・23 )
	引張り強さ	引張り強さ 70 kg/mm <sup>2</sup> 以上のこと	引張試験装置	(試験は, JIS Z2201, 2241 G0567に従って行う。)
	内圧破裂	破裂圧力 1100 kg以上のこと	被覆管破壊試験装置	(試験は, 水圧加工法による)
	硬さ	Hv ≤ 330	ビッカース微少硬度計	(試験は, JIS Z2244に従って行う。)

#### 4.2 試験-Iの検査結果

##### 4.2.1 外観検査結果

- (1) 溶接部におけるアンダーカット, クラック, ピンホール, 着色, 肩だれの現象は観察されなかった。
- (2) ビード幅は全周にわたって均一である。

外観写真を Photo 1, Photo 2 に示す。

##### 4.2.2 寸法(溶接ビード部外径)検査結果

測定結果を Fig. 3 に示す。

- (1) MS材は, MK材に比べビード外径が平均で約0.2%小さくなっている。
- (2) 全試料について「常陽」特燃製造規格である $\phi 6.644\text{ mm}$ のリングゲージを通過した。

##### 4.2.3 断面金相試験結果

断面金相写真を Photo 5 ~ Photo 10 に示す。

全試料について

- (1) クラック, アンダーカット, プローホールは発生しなかった。
- (2) 被覆管肉厚以上の溶け込みがあった。また溶接金属部組織を観察すると, 各鋼種共同様な組織を示し特異な結晶組織は観察されなかった。

##### 4.2.4 硬さ測定結果

ビッカース微小硬度計を用いて測定を行った。

測定結果を Fig. 4 ~ Fig. 9 に示す。また測定点を Photo 17 に示す。

測定結果から, 素管部が最も硬く, 熱影響部, 溶接部の順に硬さが低下している。この現象は, Fig. 16, 17 に示す様に, 従来から溶接しているSUS316相当鋼の溶接時と同様である。

測定結果より, 各部の硬さを観察すると,

###### (1) 溶接部

###### ① MS材

約120HV~150HVとなり母材(素管部)に比べ約40~50%低下している。

(Fig. 4～Fig. 6 参照)

## ② MK材

約120HV～160HVとなり母材(素管部)に比べ約45～55%低下している。

(Fig. 7～Fig. 9 参照)

## (2) 热影響部(溶接部境界から素管部までの部分)

## ① MS材における硬度の変化

热影響部は、3鋼種ともにはほぼ同じ傾向を示している。

热影響部の長さは1.6mm～1.7mmである。(Fig. 4～6 参照)

## ② MK材における硬度の変化

热影響部は、3鋼種ともにはほぼ同じ傾向を示している。

热影響部の長さは2.0mm～2.2mmである。(Fig. 7～9 参照)

## 4.2.5 引張試験結果

インストロン社製2.5ton引張試験装置を使用して、引張速度2.5mm/minで試験を実施した。溶接部の引張強さ及び、素管の引張強さをTable 5に示す。

Table 5 引張強さの比較(各3試料)

試料	溶接部の引張強さ(kg/mm <sup>2</sup> )	素管の引張強さ(kg/mm <sup>2</sup> )	素管と溶接部の差(kg/mm <sup>2</sup> )	破断位置
57MS1	74.1	76.3	- 2.2	溶接ビード部
57MS3	71.2	73.3	- 2.1	溶接ビード部
58MS5	74.7	77.2	- 2.5	溶接ビード部
57MK2	70.9	75.8	- 4.9	熱影響部
57MK4	72.2	75.9	- 3.7	溶接ビード部
58MK6	71.4	82.3	-10.9	溶接ビード部

Table 5の数値は、溶接部及び素管の引張強さ3試料の平均値である。

また、破断部の写真をPhoto 18～Photo 20に示す。

全ての試料について、溶接部の引張強さは素管の引張強さの約94%に低下する。

## 4.2.6 内圧バースト試験結果

「常陽」照射用炉心集合体溶接施行試験要領書(JOYO-TF-QA-13)に準じた試験

を実施した。

溶接部の破裂圧及び、素管の破裂圧を Table 6 に示す。

Table 6 破裂圧の比較（各3試料、ただし58MK6は2試料）

試 料	試料の破裂圧 ( kg/cm <sup>2</sup> )	素管の破裂圧 ( kg/cm <sup>2</sup> )	素管と試料の 差 ( kg/cm <sup>2</sup> )	破断位置
57MS1	1436	1420	+16	素管部
57MS3	1394	1400	-6	"
58MS5	1389	1340	-49	"
57MK2	1383	1450	-67	"
57MK4	1381	1355	+26	"
58MK6	1427	1435	-8	"

Table 6 の数値は、試料の破裂圧の平均値である。

破裂部の写真を Photo 24, 25 に示す。

- (1) 破裂した部位は、全試料共被覆管部（熱影響部）である。
- (2) 試料の破裂圧は素管の破裂圧とほぼ同一値であった。

#### 4.3 試験-IIの検査結果

##### 4.3.1 外観検査結果

- (1) 溶接部におけるアンダーカット、クラック、ピンホール、着色、肩だれの現象は無い。
- (2) ピード幅は全周に渡って均一である。

外観写真を Photo 3, Photo 4 に示す。

##### 4.3.2 寸法（溶接ビード部外径）検査結果

測定結果を Fig. 3 に示す。

- (1) MS材は、MK材に比べビード外径が平均で約0.2%小さくなっている。
- (2) 全試料について、試験-Iと同様「常陽」特燃製造規格であるφ6,644mmのリングゲージを通過した。

#### 4.3.3 断面金相試験結果

断面金相写真を Photo 11～Photo 16 に示す。

全試料について

- (1) クラック、アンダーカット、ブローホールは発生しなかった。
- (2) 被覆管肉厚以上の溶け込みがあった。また溶接金属組織を観察すると、各鋼種共、同様な組織を示し特異な結晶組織は観察されなかった。

#### 4.3.4 硬さ測定結果

試験-I と同条件で測定を実施した。

測定結果を Fig. 10～Fig. 15 に示す。

測定結果より、各部の硬さを観察すると

##### (1) 溶接部

###### ① MS材

約 120～180 HV となり母材に比べ約 40～60 % 減少している。( Fig. 10～Fig. 12 参照 )

###### ② MK材

約 110 HV～200 HV となり母材に比べ約 30～60 % 低下している。( Fig. 13～Fig. 15 参照 )

##### (2) 热影響部(溶接部境界から素管部までの部分)

###### ① MS材における硬度の変化

热影響部は、3 鋼種ともに試験-I とほぼ同じ傾向を示している。

热影響部の長さは 2.4～2.5 mm であった。( Fig. 10～Fig. 12 参照 )

###### ② MK材における硬度の変化

热影響部の硬さは、他に比べ非常にバラツキの多いグラフとなっている。热影響部の長さは 3.0 mm 以上( 3.0 mm 以上は測定していない。 ) ある。( Fig. 13～Fig. 15 参照 )

#### 4.3.5 引張試験結果

試験-I と同条件で試験を実施した。

溶接部の引張強さ及び素管の引張強さを Table 7 に示す。

Table 7 引張強さの比較(各2試料)

試 料	溶接部の引張 強さ(kg/mm <sup>2</sup> )	素管の引張強 さ(kg/mm <sup>2</sup> )	素管と溶接部 の差(kg/mm <sup>2</sup> )	破断位置
57MS1	70.1	76.3	-6.2	溶接ビード部
57MS3	70.8	73.3	-2.5	"
58MS5	71.0	77.2	-6.2	"
57MK2	70.4	75.8	-5.4	"
57MK4	72.2	75.9	-3.7	"
58MK6	73.3	82.3	-9.0	"

Table 7 の数値は、溶接部及び素管の引張強さ2試料の平均値である。

また、破断部の写真を Photo 21～Photo 23 に示す。

全ての試料についての溶接部の引張強さは、素管の引張強さに比べ約 9.4% に低下している。

#### 4.3.6 内圧バースト試験結果

試験-I と同条件で試験を実施した。

溶接部の破裂圧及び、素管の破裂圧を Table 8 に示す。

Table 8 破裂圧の比較(各2試料)

試 料	試料の破裂圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	素管の破裂圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	素管と試料の 差(kg/cm <sup>2</sup> )	破断位置
57MS1	138.8	142.0	-3.7	素管部
57MS3	135.0	140.0	-5.0	"
58MS5	135.3	134.0	+1.3	"
57MK2	134.8	145.0	-10.2	"
57MK4	133.0	135.5	+2.5	"
58MK6	138.7	143.5	-4.8	"

Table 8 の数値は、試料の破裂圧の平均値である。

破裂部の写真を Photo 26, 27 に示す。

- (1) 破裂した部位は、全試料とも被覆管部(熱影響部)であった。
- (2) 試料の破裂圧は素管の破裂圧とはほぼ同一値であった。

## 5. 考 察

改良オーステナイト鋼被覆管とSUS316相当鋼端栓の溶接試験（試験-I）及び改良オーステナイト鋼共材の溶接試験（試験-II）結果について評価する。

### 5.1 外 觀

試験-I, IIの全ての試料について問題となるアンダーカット, クラック, ピンホール, 着色は発生しなかった。又溶接ビード幅も全周にわたり均一であった。

### 5.2 溶接部ビード外径

溶接部のビード外径は、試験-I, II共にMS（住金製）材とMK（神鋼製）材を比較すると、MK材の方がMS材よりも若干大きくなっている。

これについて鋼種の化学成分をパラメータにして要因解析を行ったが有意となるものは出てこなかった。

現状では原因についてははっきり言えない。

### 5.3 断面金相

全ての試料について同様な溶接金属組織を示した。またSUS316相当鋼と比較しても同様な金属組織であった。

### 5.4 硬 さ

改良オーステナイト鋼被覆管とSUS316相当鋼端栓の溶接は、SUS316相当鋼共材（Fig. 16, 17）の溶接とほぼ同様な結果を示した。

改良オーステナイト鋼共材の溶接は、SUS316相当鋼共材（Fig. 16, 17）の溶接に比べ熱影響部が長いことがわかった。その中でもMK材の方が長い。

### 5.5 引張強さ

試験-I, IIに使用した6鋼種共、溶接部引張強さは、素管の引張強さに比べ約9.4%に低下した。これらの値は約71~74kg/mm<sup>2</sup>でありSUS316相当鋼の引張強さと同様な値を示した。

### 5.6 内圧バースト

全試料被覆管部から破裂した。また、破裂値は平均で約  $1400 \text{ kg/cm}^2$  で素管とほぼ同一値であり溶接による被覆管及び熱影響部の強度低下はなかった。

## 6. ま と め

試験-I 及び試験-IIを比較すると、非破壊検査については、有意差はみられなかった。また、破壊検査については、有意差はあるものの、判定基準を満足するものであり、溶接部の健全性を評価するうえで、特に問題にはならない。従って、改良オーステナイト鋼被覆管とSUS316相当鋼端栓の溶接は、6鋼種すべてについて従来通りの溶接方法及び溶接条件で溶接が可能であると判断できる。また、改良オーステナイト鋼被覆管と同鋼種の端栓の溶接においても、6鋼種すべてについて、従来通りの溶接方法及び溶接条件で溶接が可能であると判断できる。

## 7. 謝 辞

試験片の試験・検査にあたって、引張り試験を担当して頂いた品質管理課部材検査係 後藤明氏  
に感謝の意を表します。

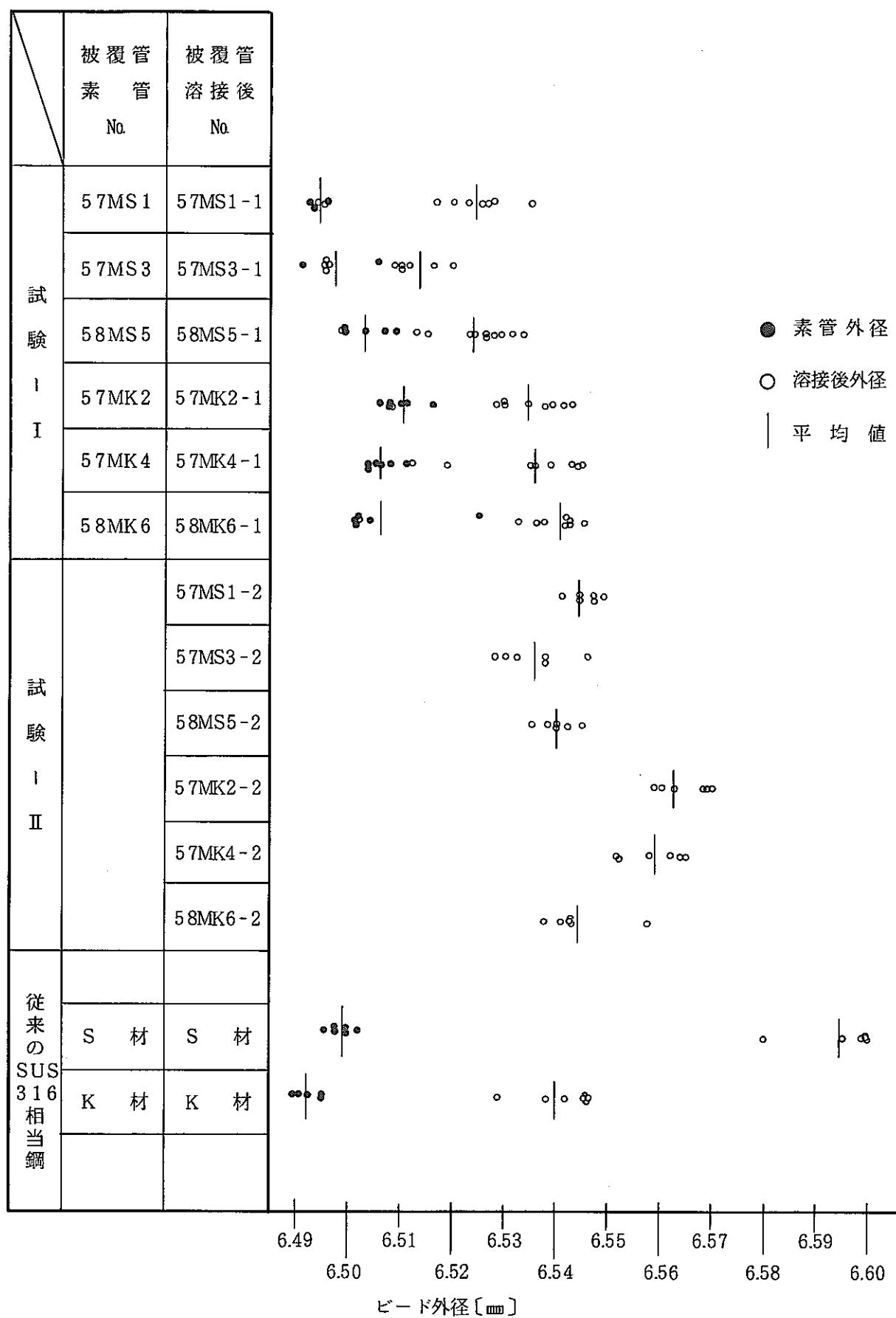


Fig. 3 ビード外径の比較

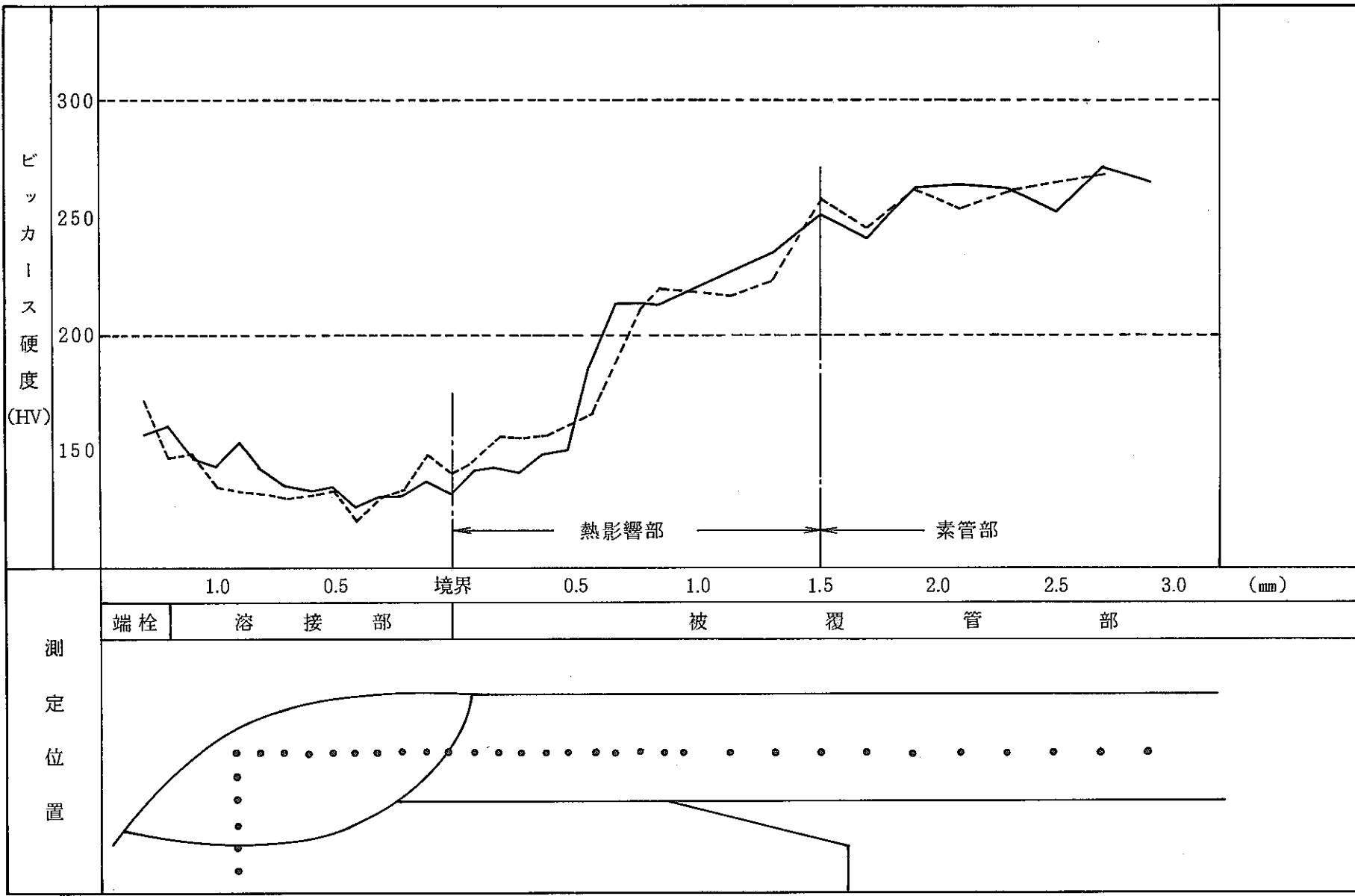


Fig. 4 ビッカース硬度測定結果 57MS1 (2試料) 試験-I

試料 2

試料 1

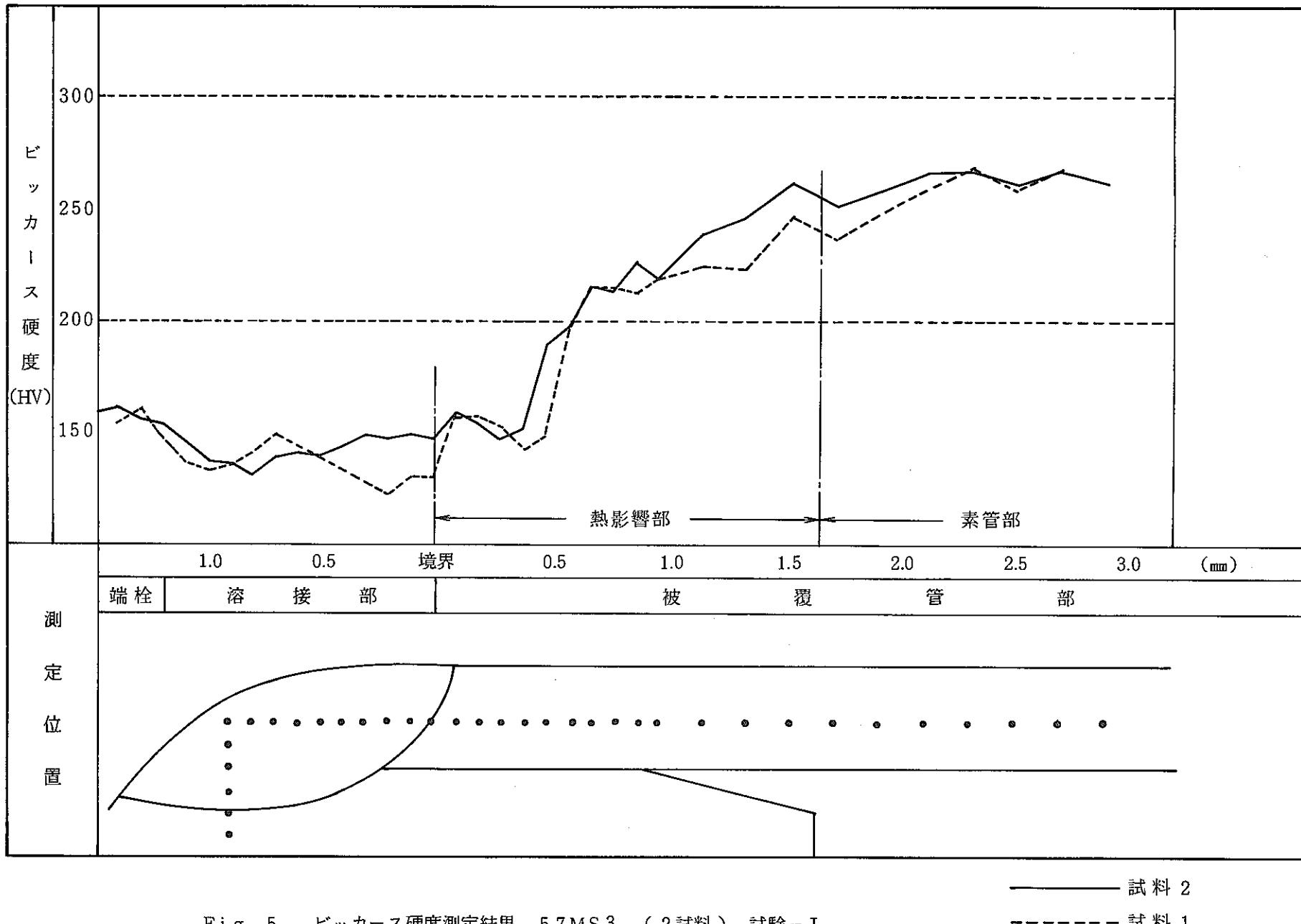


Fig. 5 ビッカース硬度測定結果 57MS3 (2試料) 試験-I

— 試料 2 —

- - - 試料 1

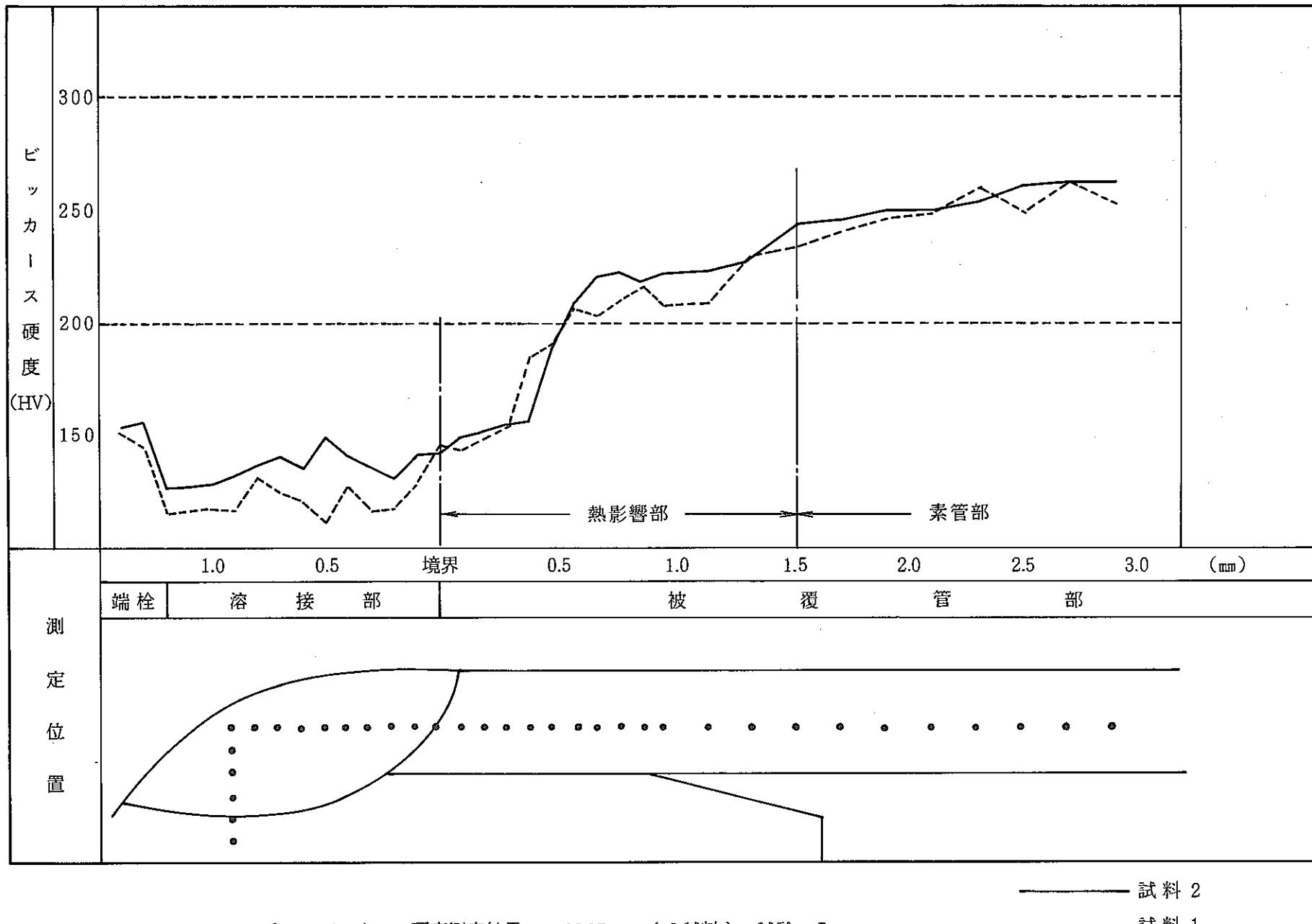


Fig. 6 ビッカース硬度測定結果 58MS5 (2試料) 試験-I

試料 2

試料 1

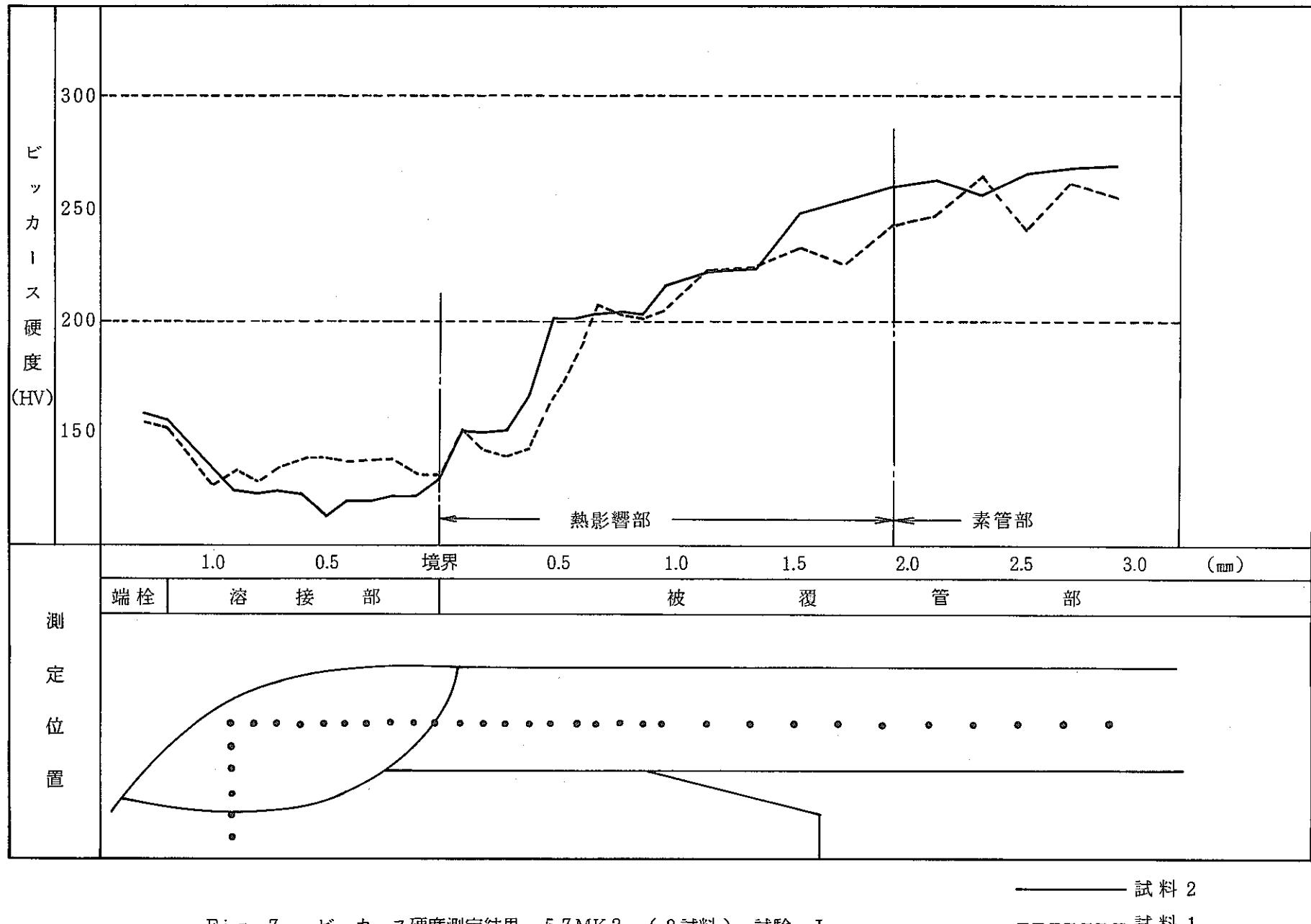


Fig. 7 ビッカース硬度測定結果 57MK2 (2試料) 試験-I

試料 2

試料 1

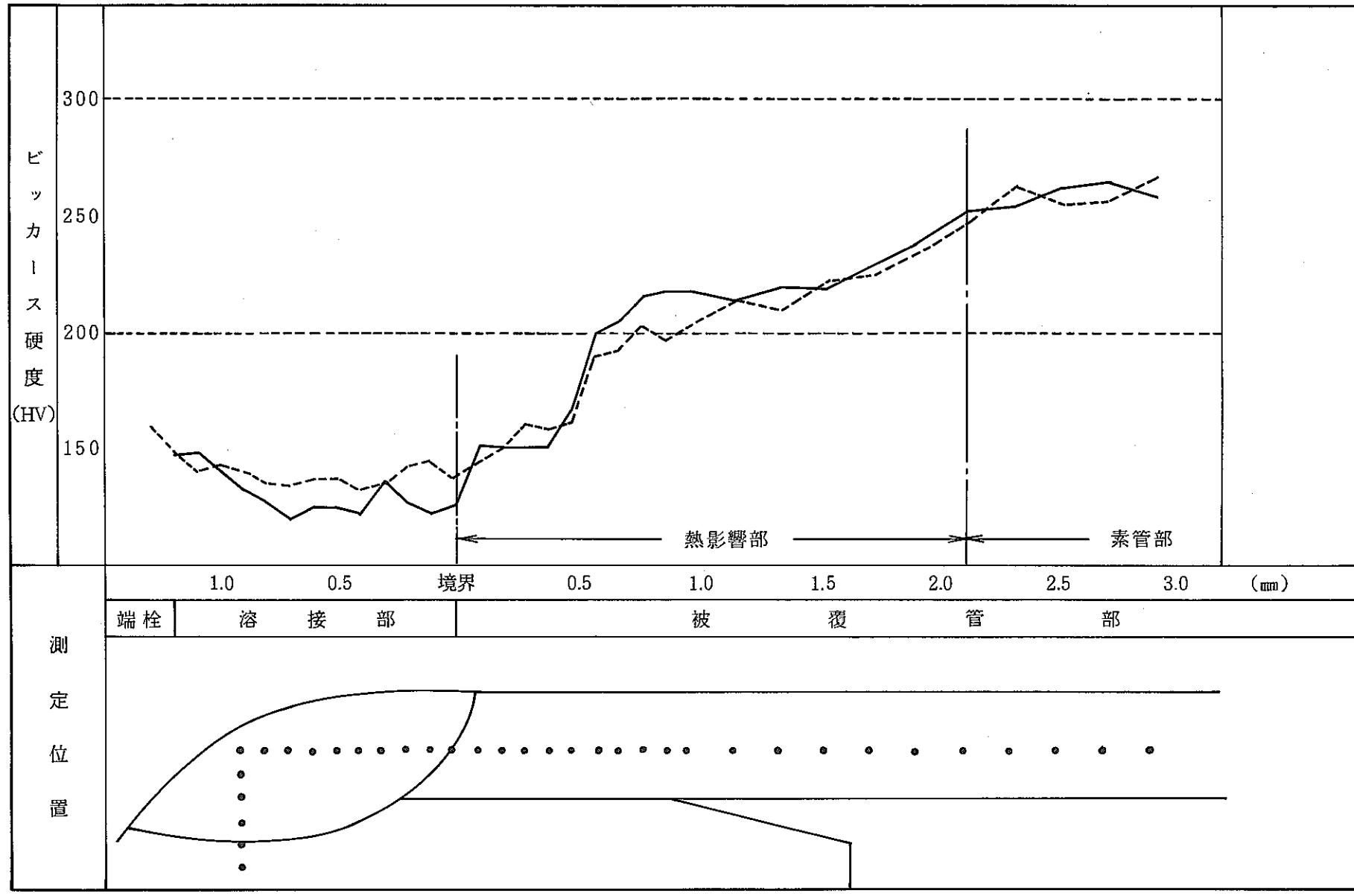
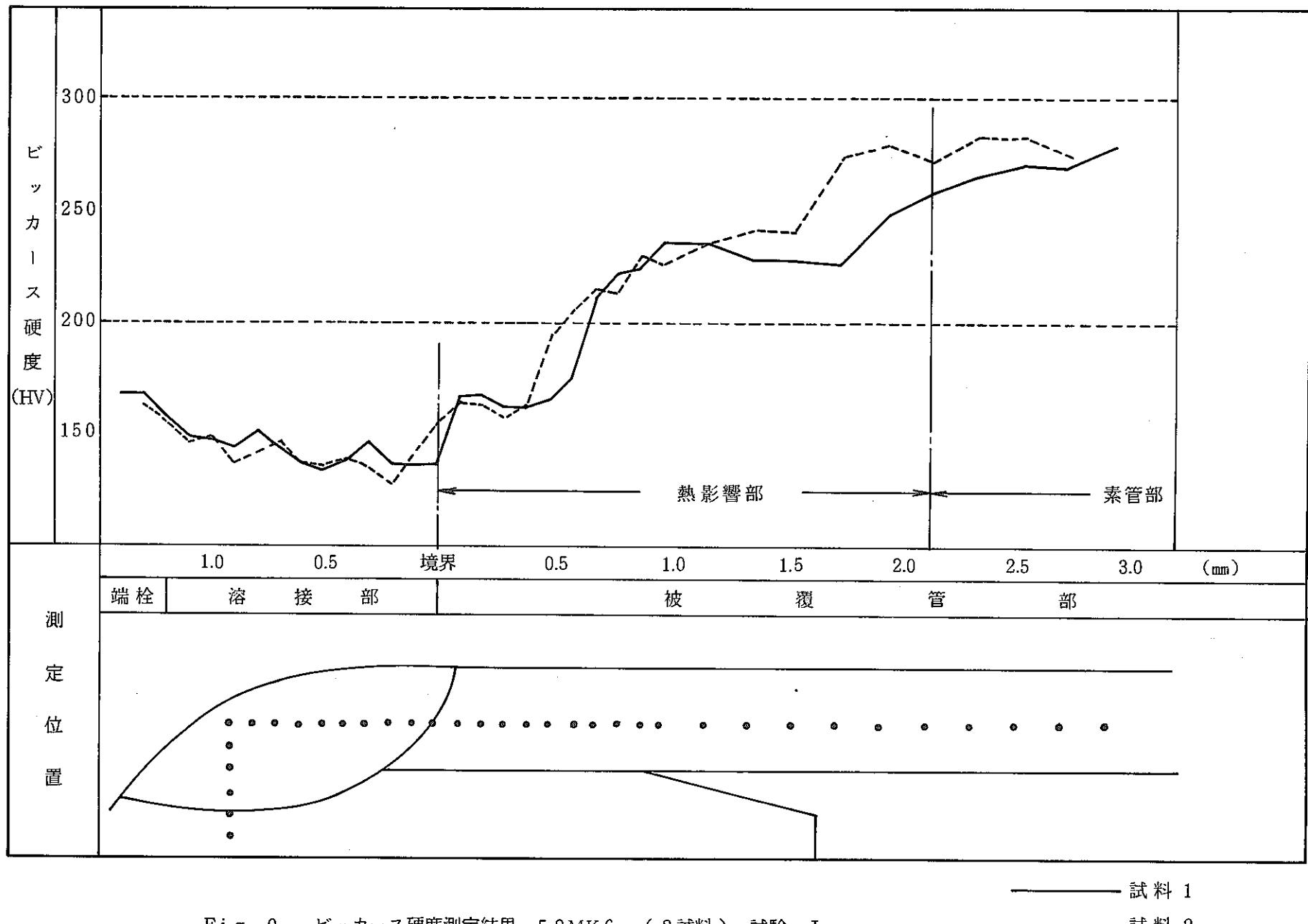


Fig. 8 ビッカース硬度測定結果 57MK4 (2試料) 試験-I

— 試料 1  
- - - 試料 2

- 22 -



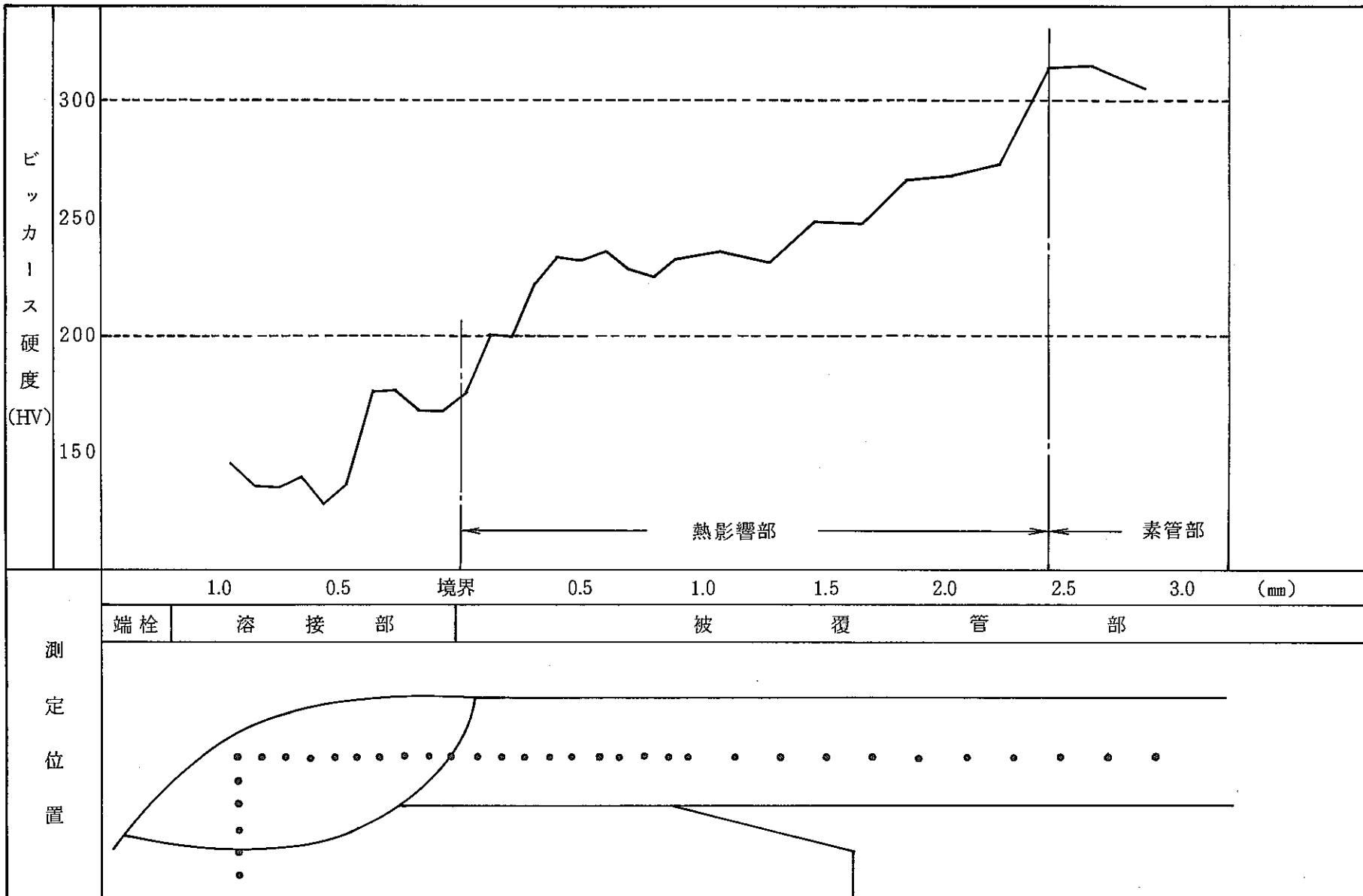


Fig. 10 ビッカース硬度測定結果 57MS1 試験-II

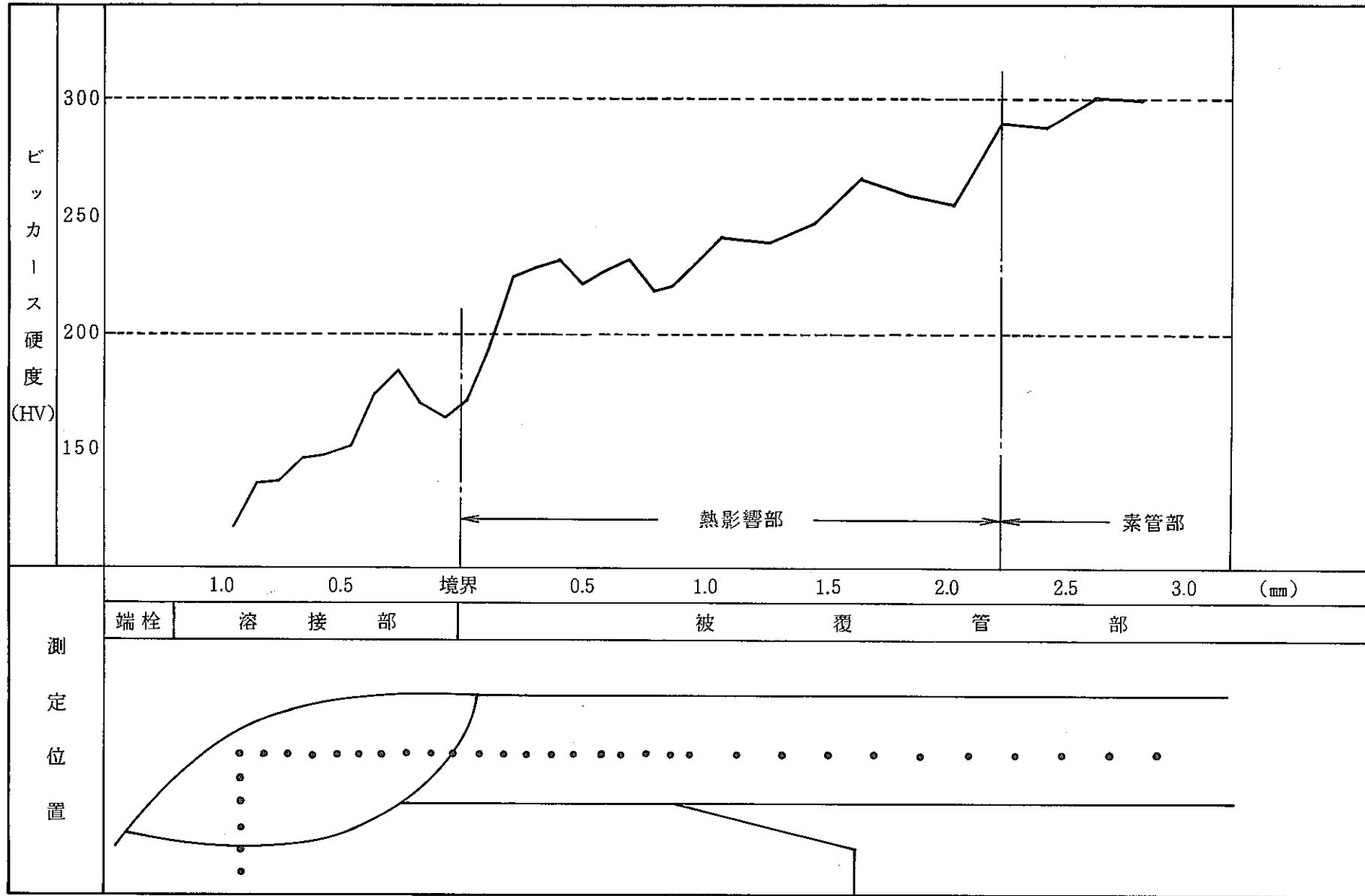
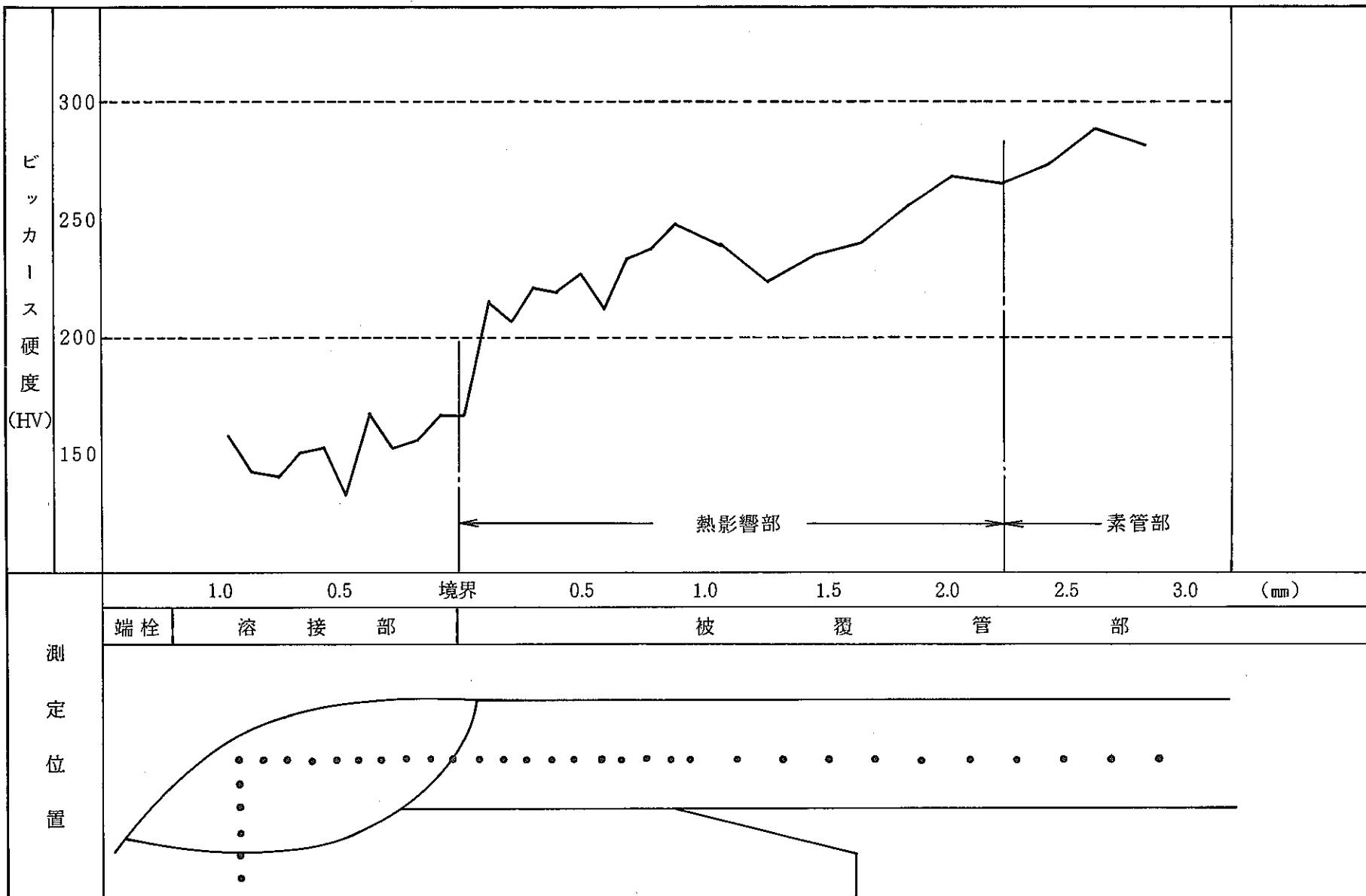


Fig. 11 ビッカース硬度測定結果 57MS3 試験-II



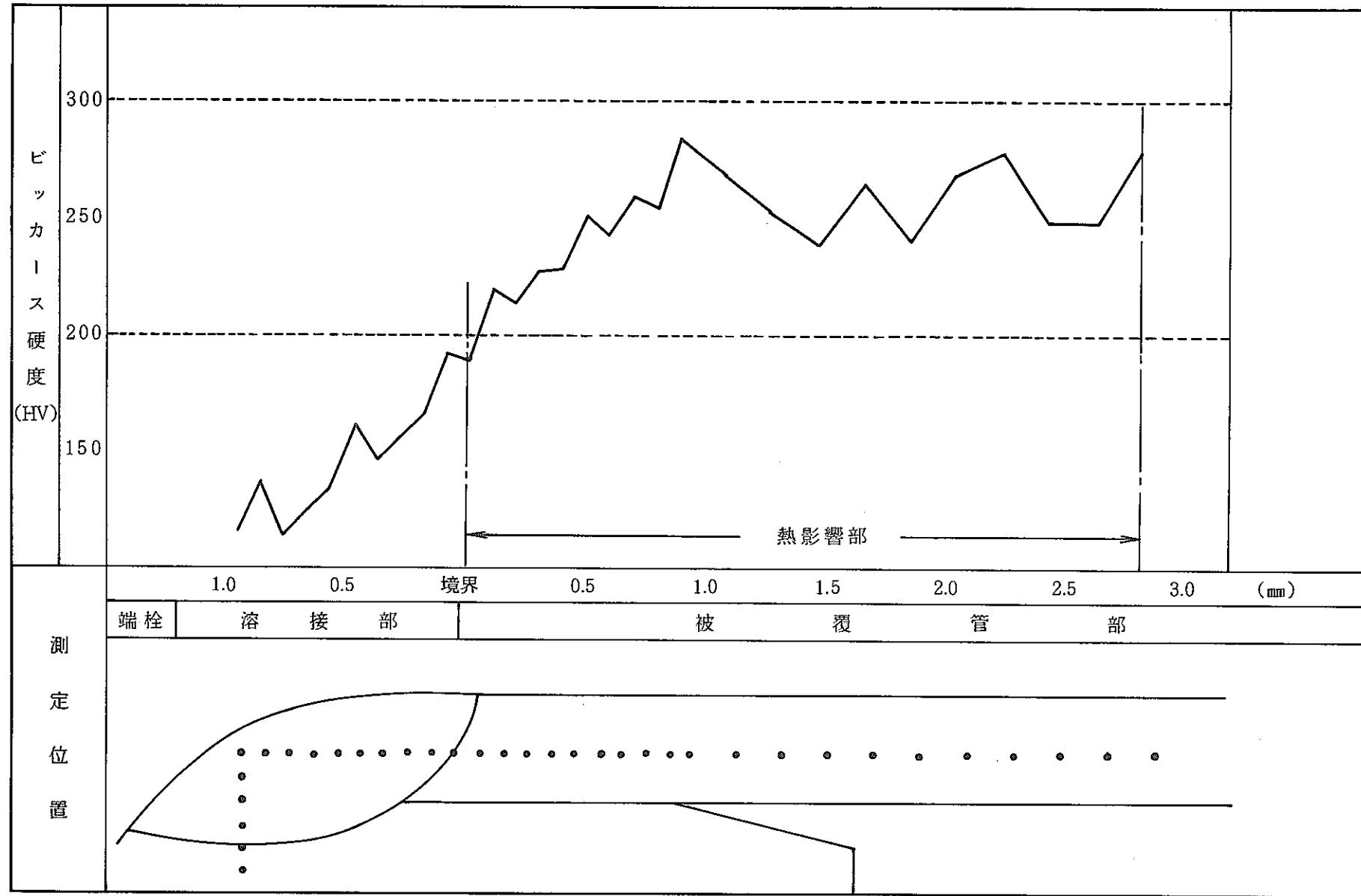


Fig. 13 ビッカース硬度測定結果 57 MK2 試験-II

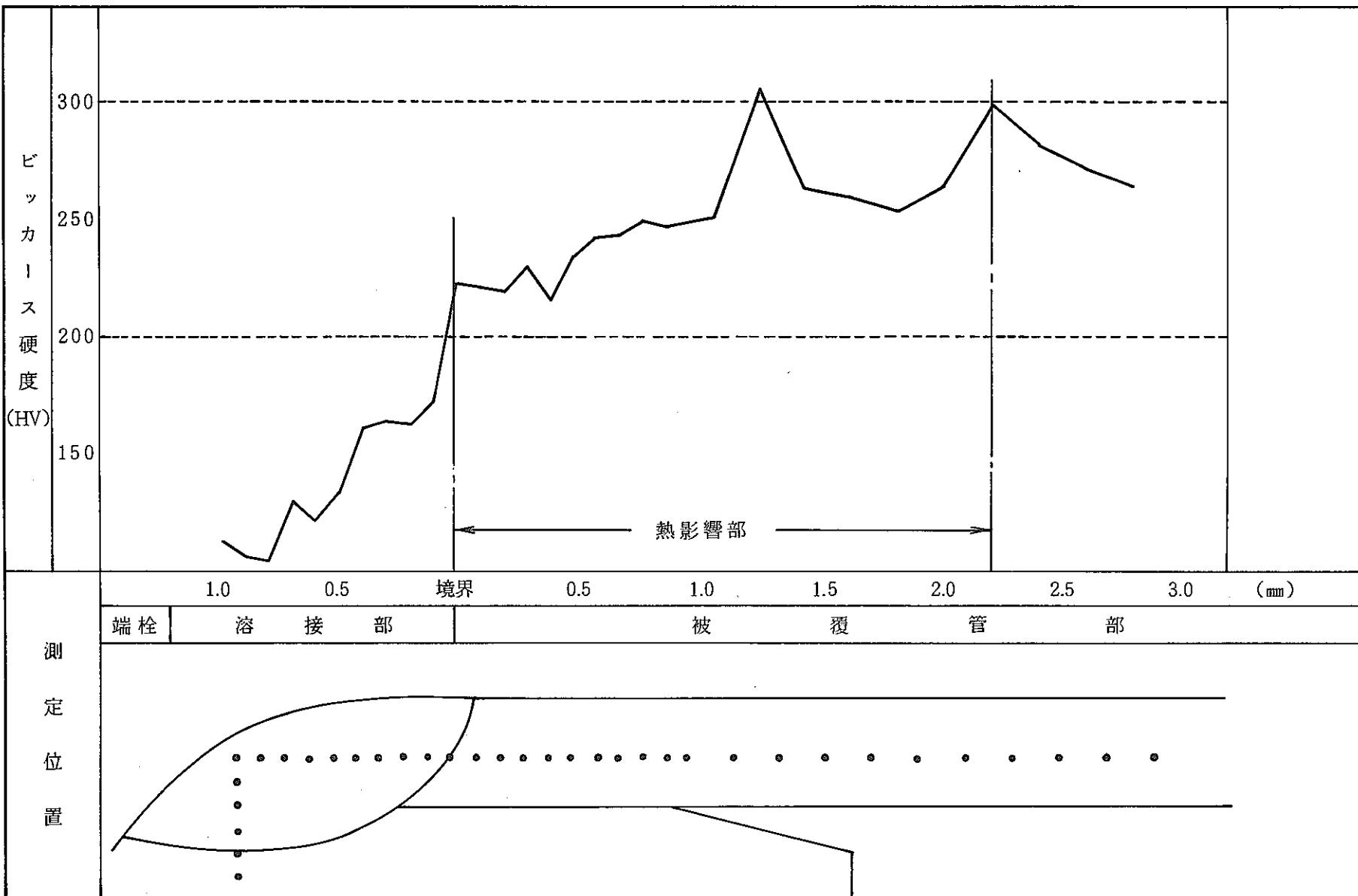


Fig. 14 ビッカース硬度測定結果 57MK4 試験-II

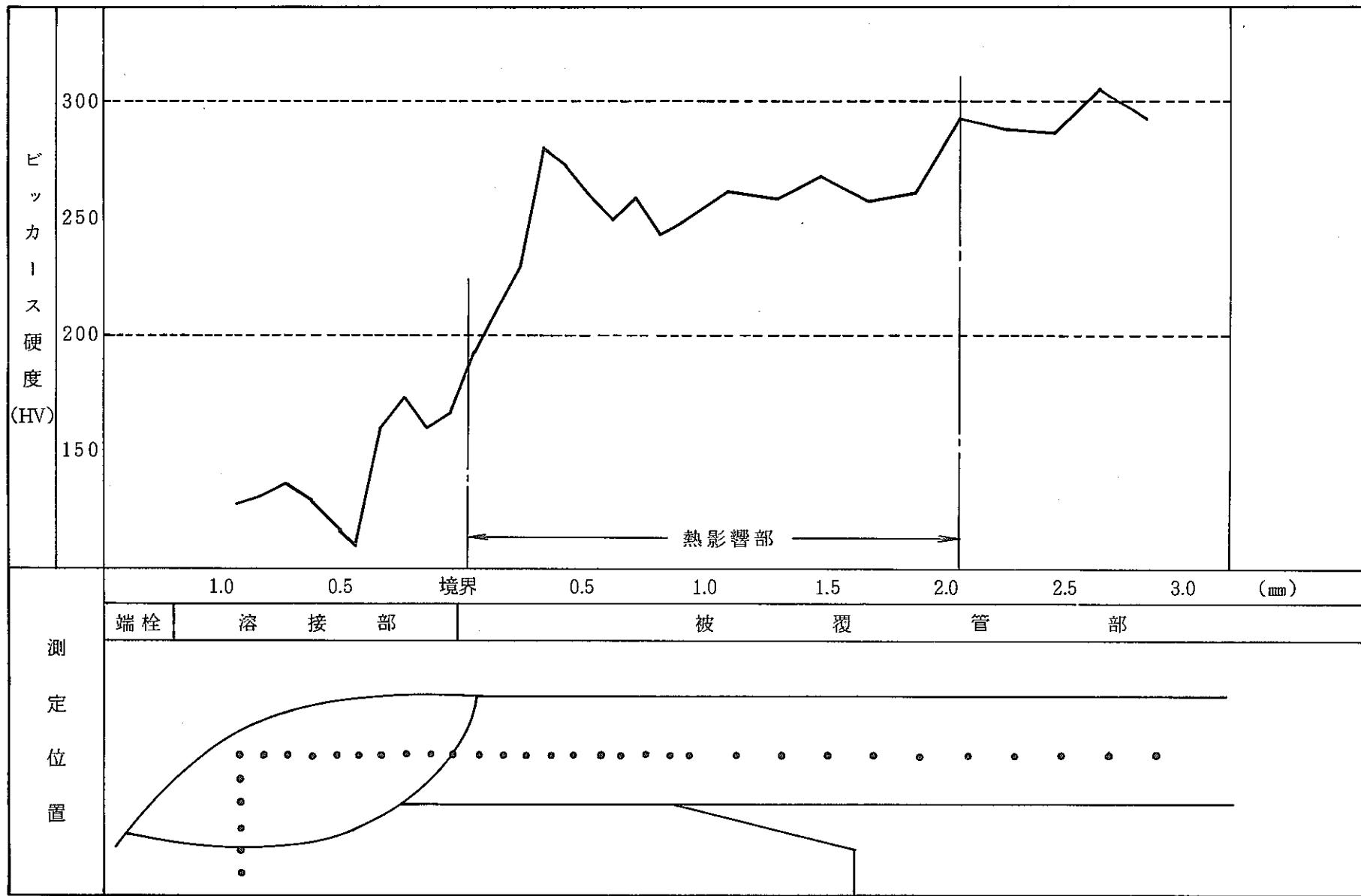
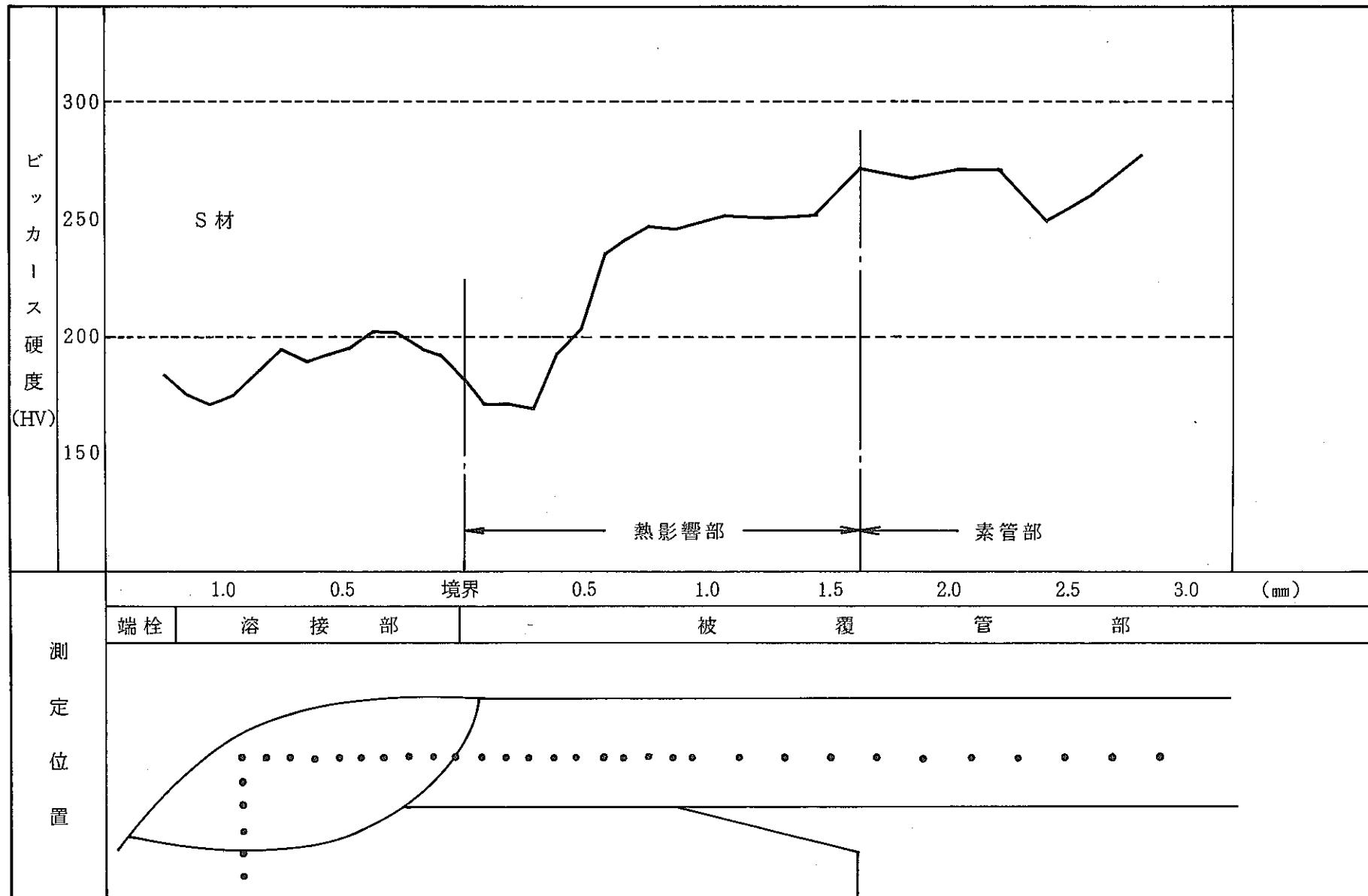


Fig. 15 ビッカース硬度測定結果 58MK6 試験-II



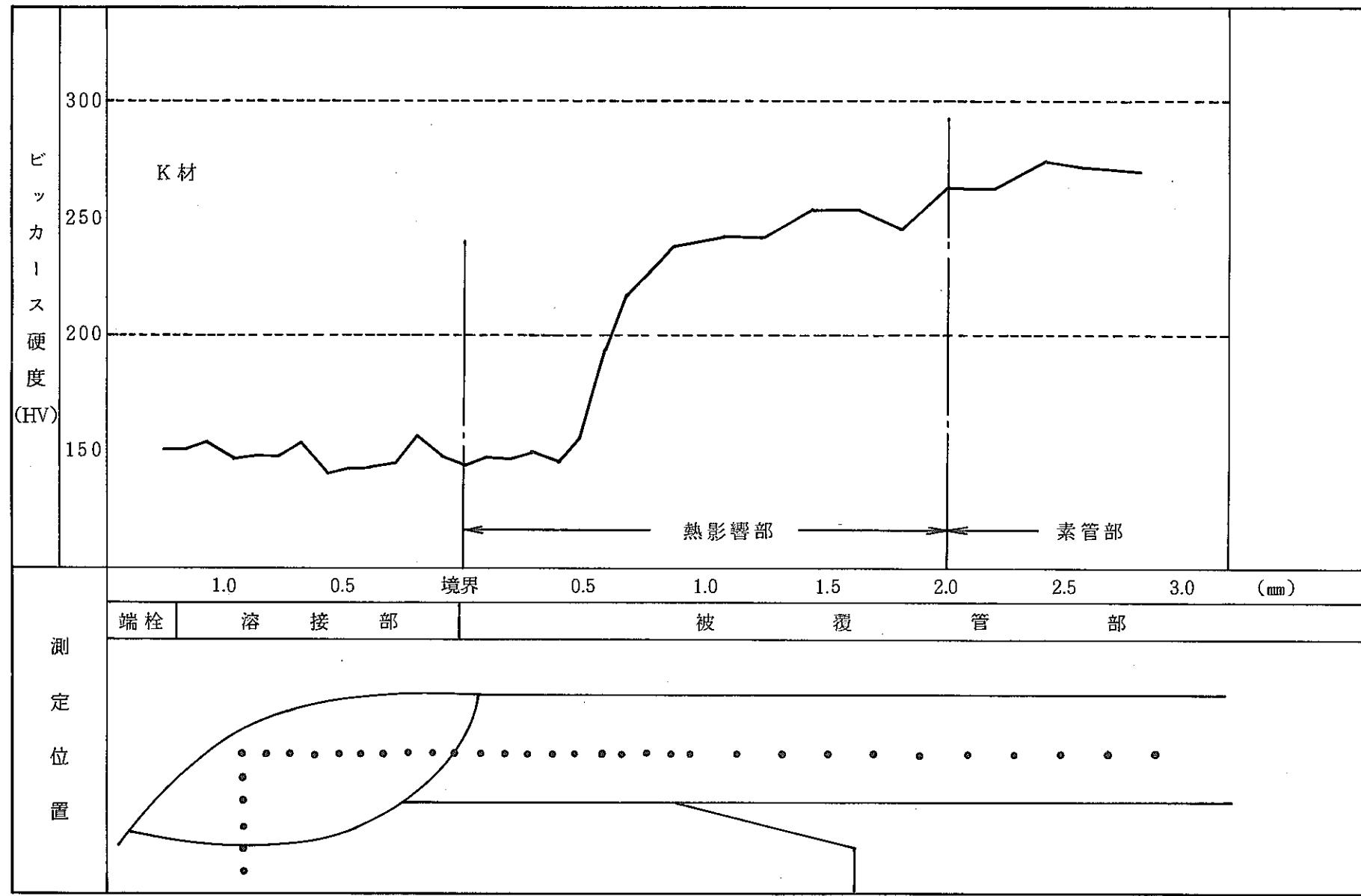
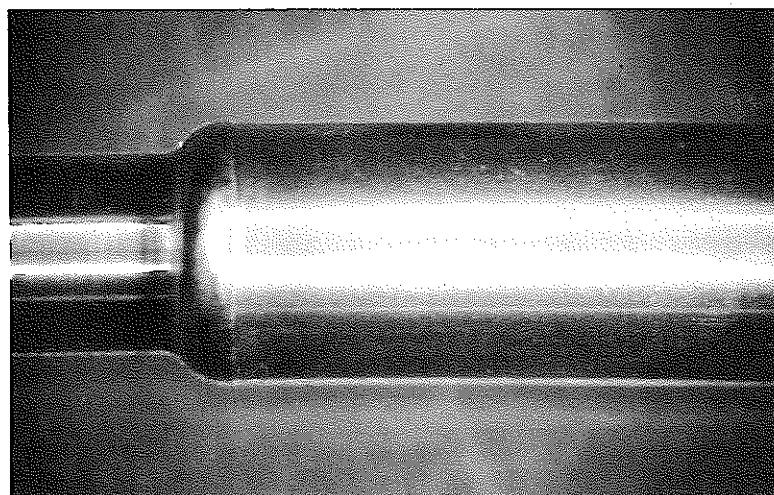


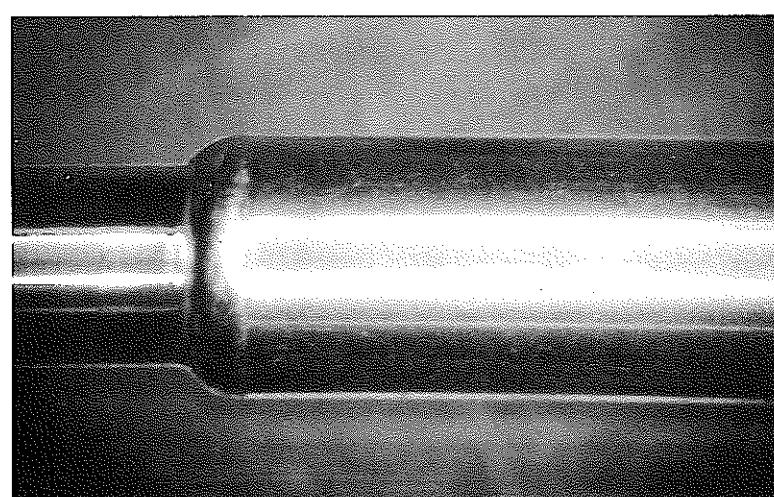
Fig. 17 ビッカース硬度測定結果 SUS 316相当鋼 K材



57MS1



57MS3



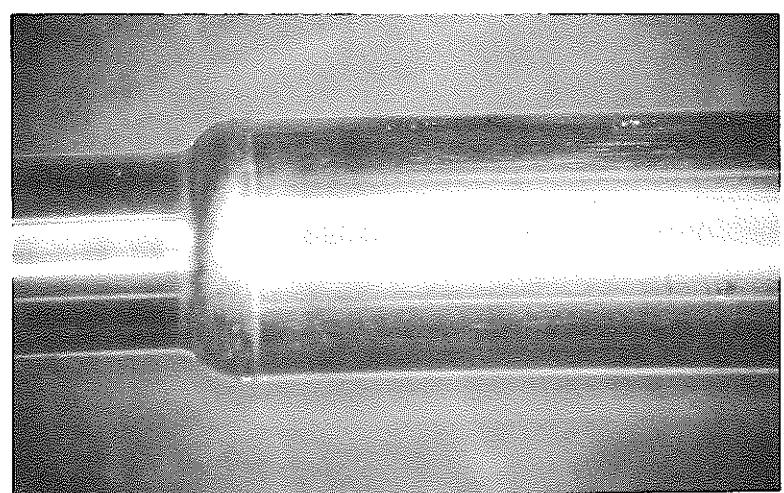
58MS5

× 6

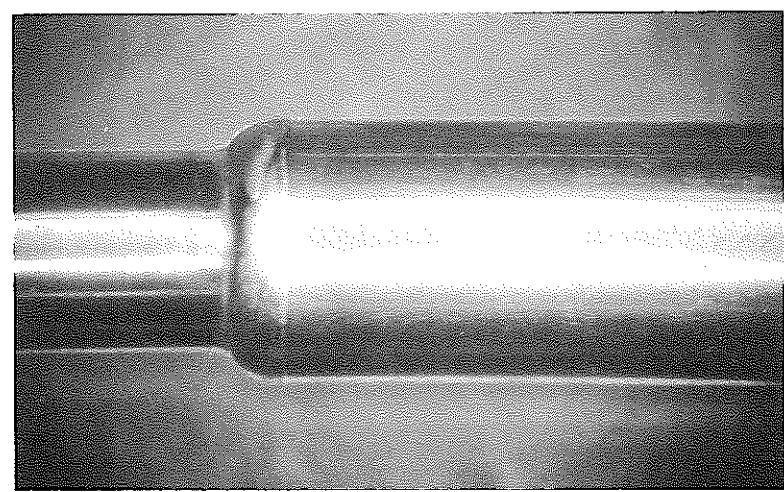
Photo 1 試験-I 外観



57 MK 2



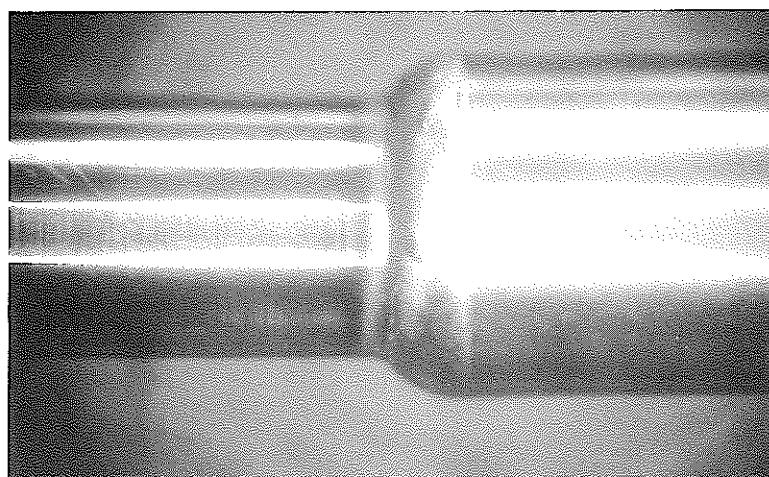
57 MK 4



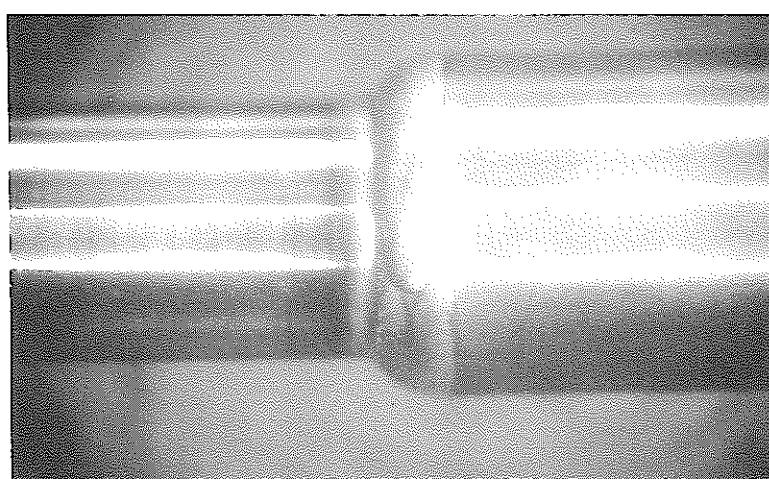
58 MK 6

× 6

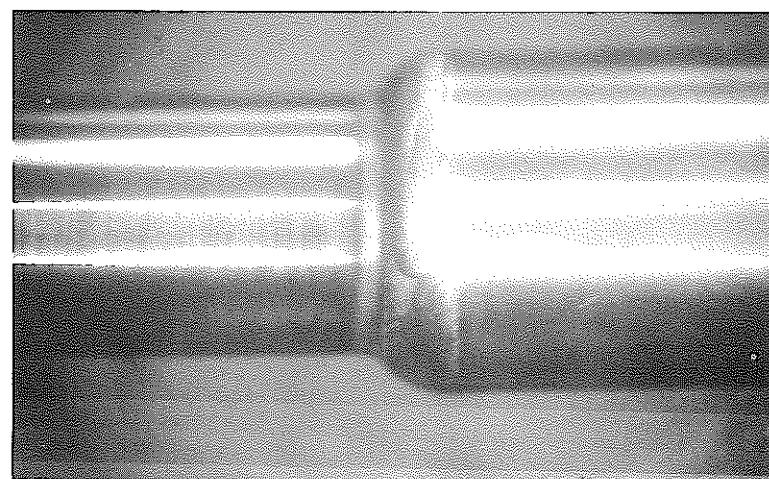
Photo 2 試験-I 外観



57MS1



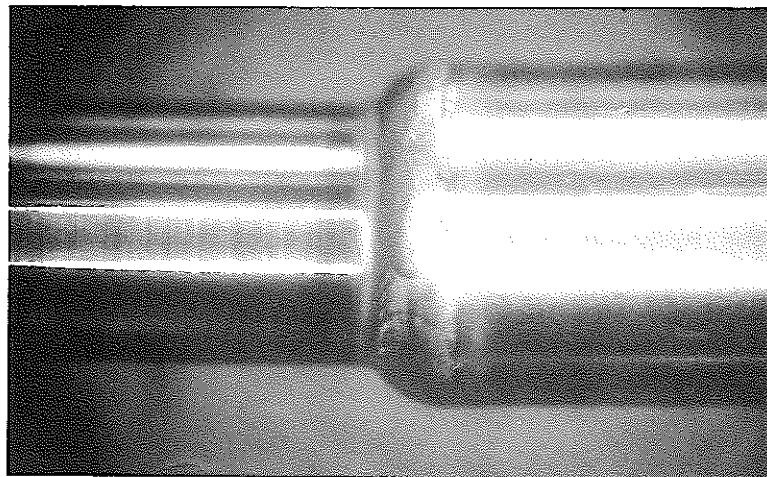
57MS3



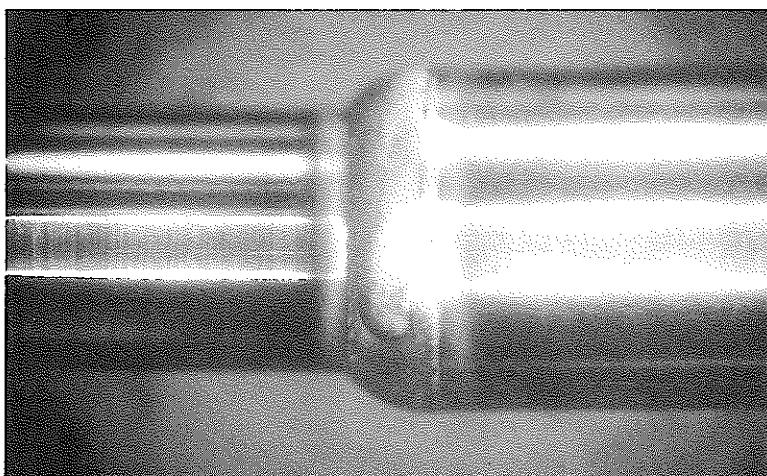
58MS5

×7

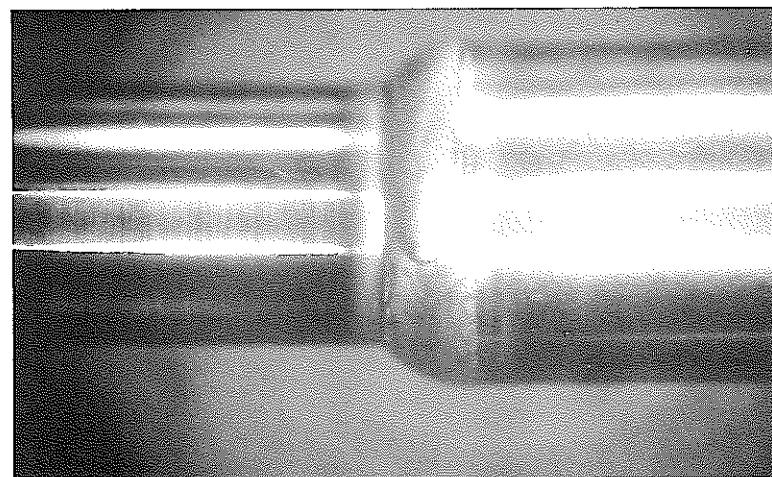
Photo 3 試験-II 外観



57MK2



57MK4



58MK6

Photo 4 試験-II 外観

$\times 7$

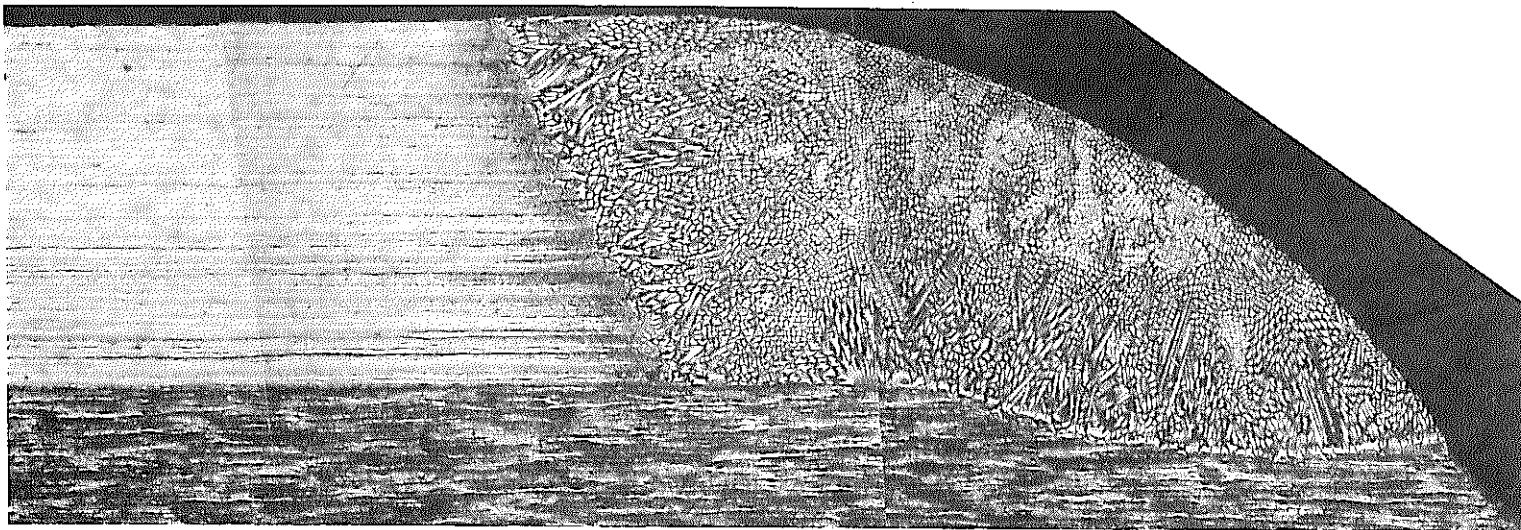
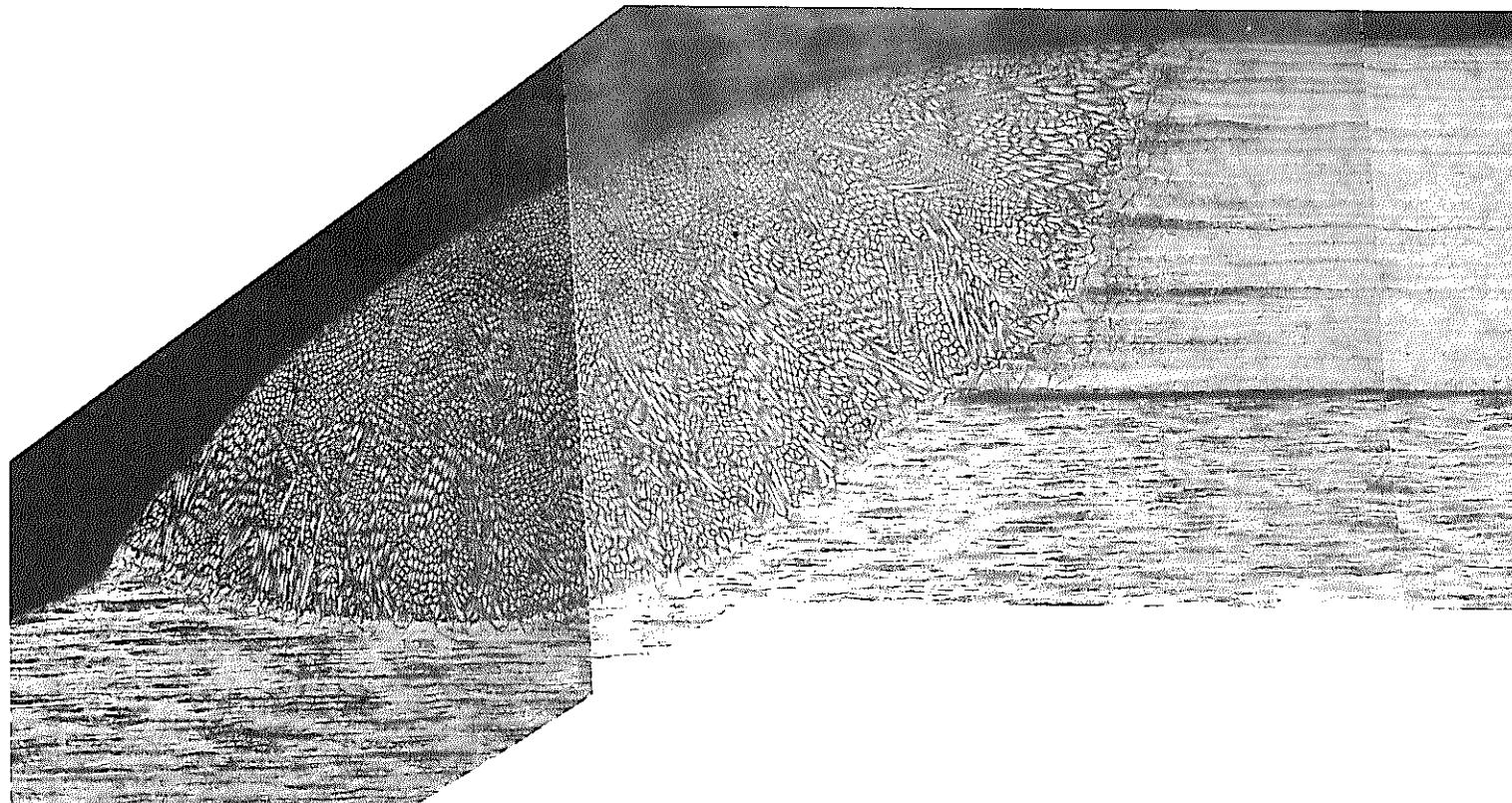


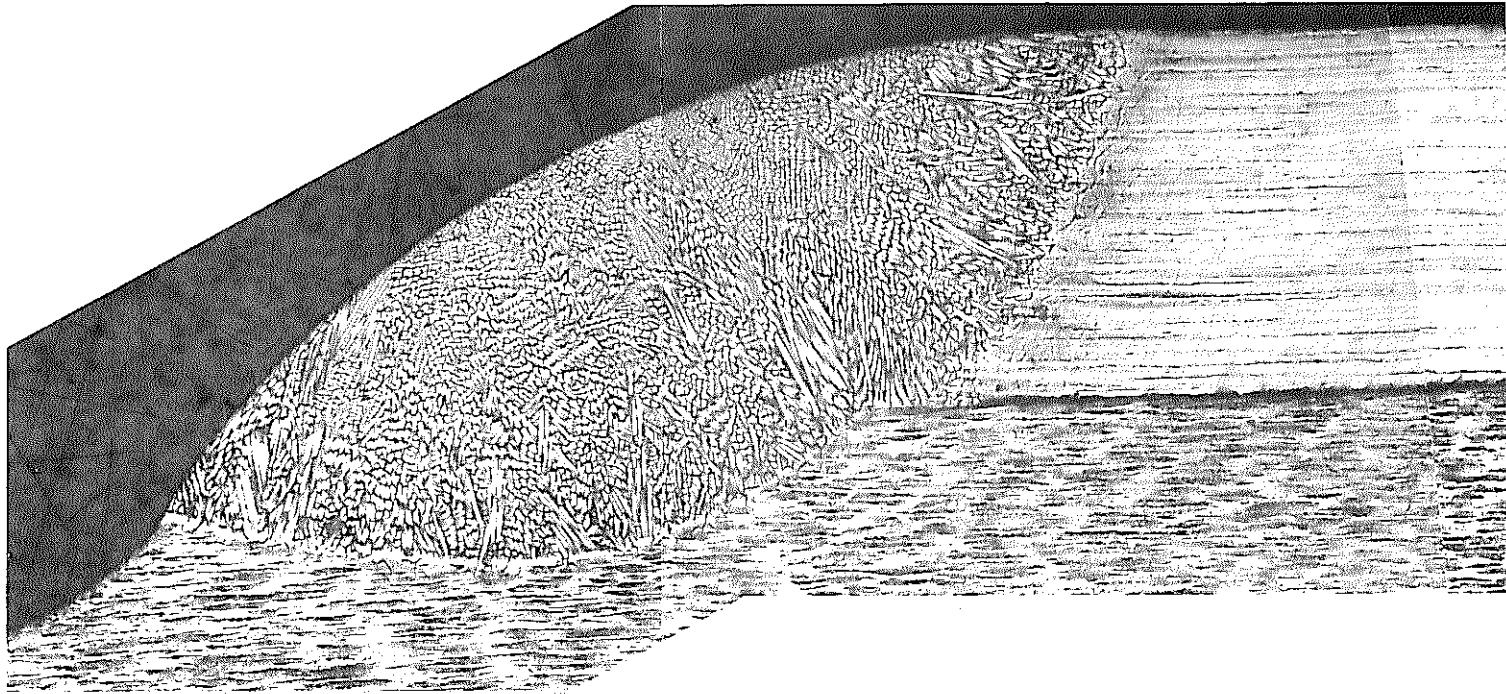
Photo 5 試験-I 断面金相(57MS1)

0.1 mm ×100



[  
0.1mm      ×100

Photo 6 試験-I 断面金相(57MS3)



[  
0.1 mm      ×100

Photo 7 試験-I 断面金相(58MS5)

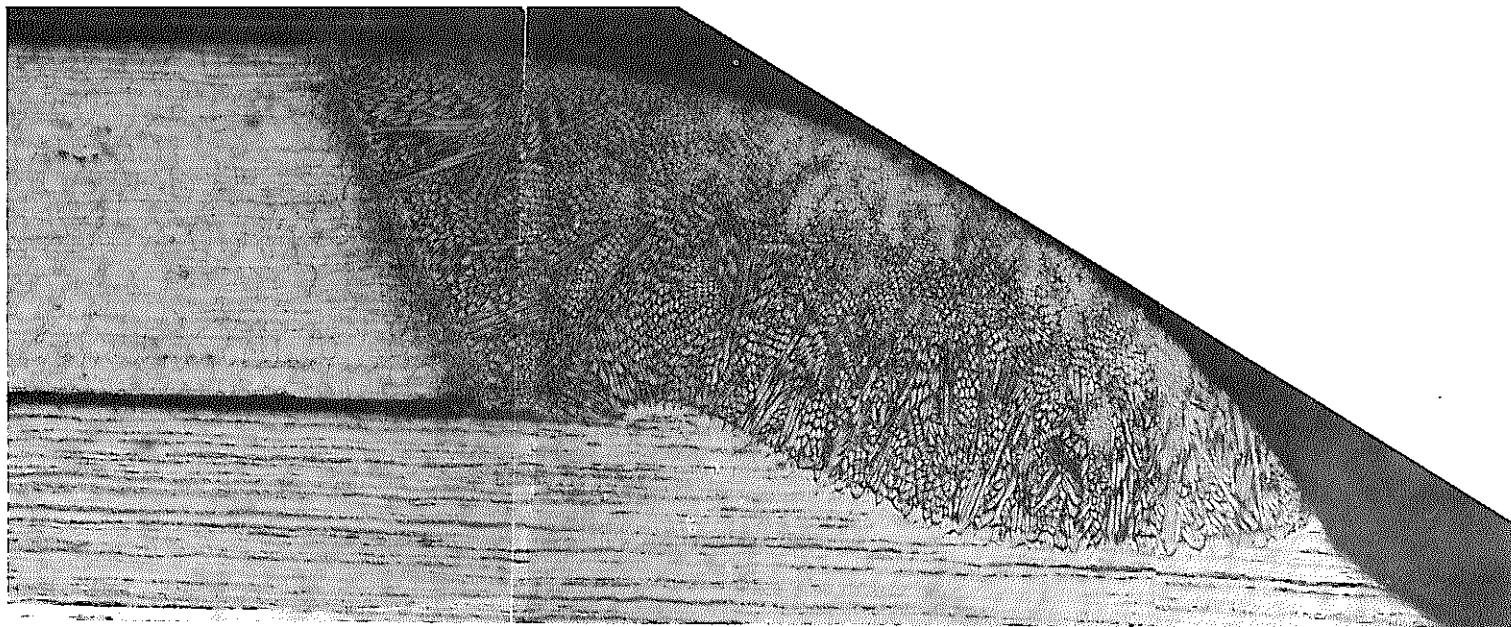
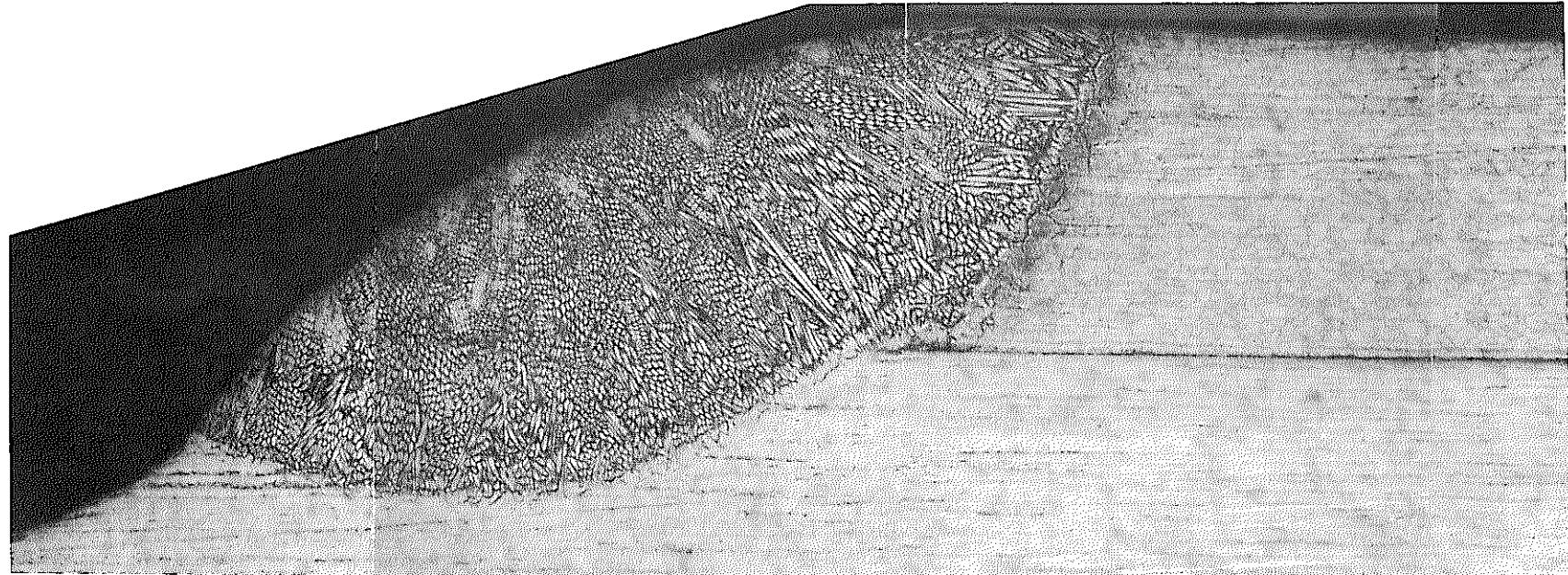


Photo 8 試験-I 断面金相 (57MK2)

[  
0.1 mm      ×100



- 3 9 -

Photo 9 試験-I 断面金相(57MK4)

[ 0.1mm ]  
×100

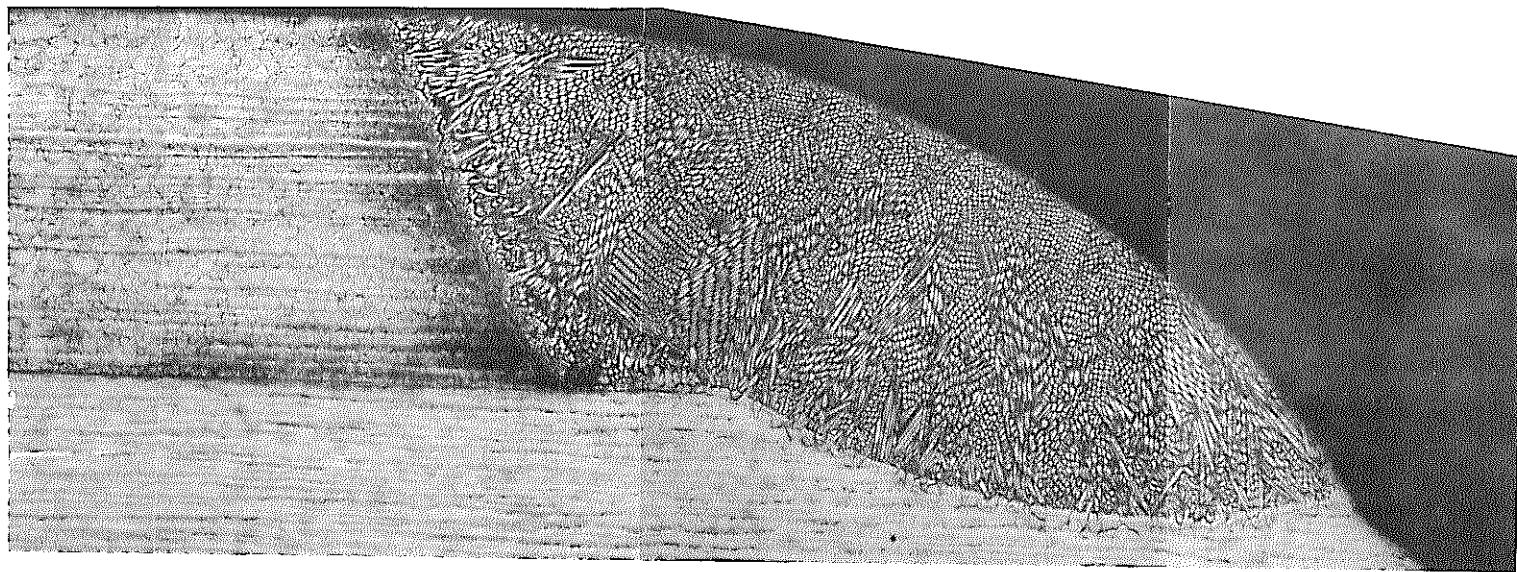


Photo 10 試験-I 断面金相(58MK6)

0.1 mm ×100



Photo 1 1 試験-II 断面金相(57MS1)

×50  
0.1 mm

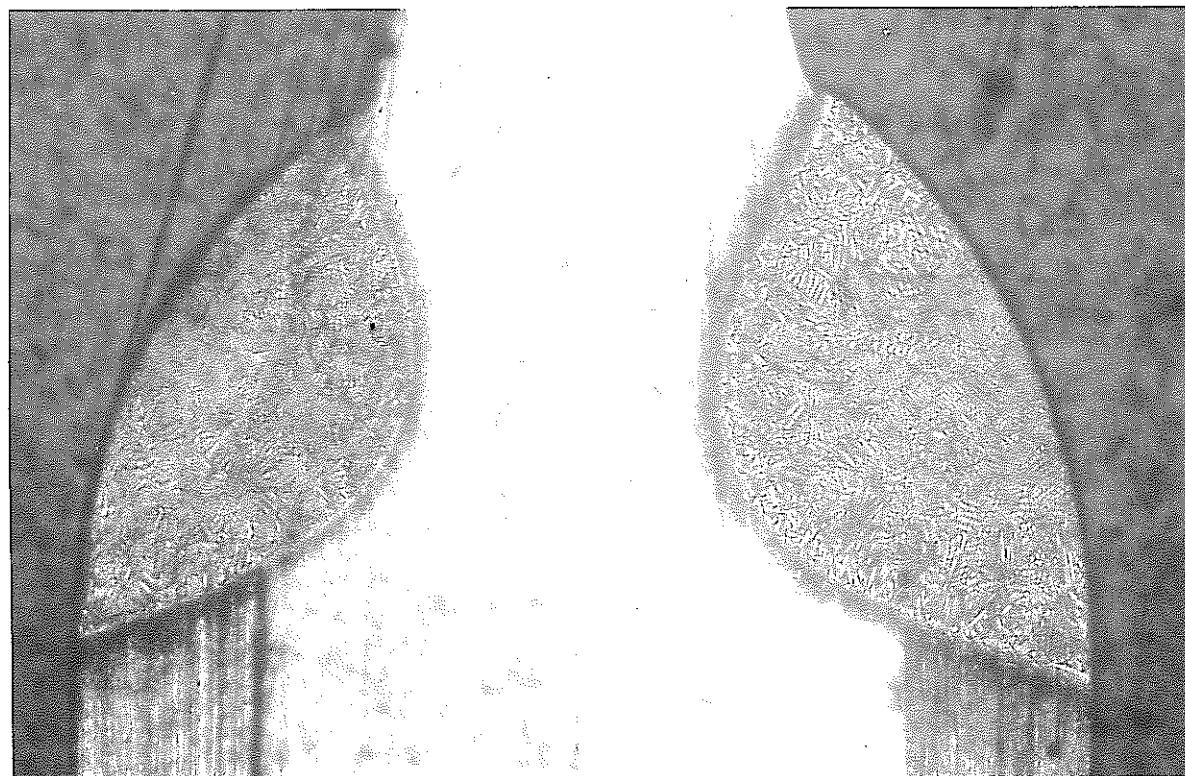


Photo 1 2 試験-II 断面金相(57MS3)

×50  
0.1 mm

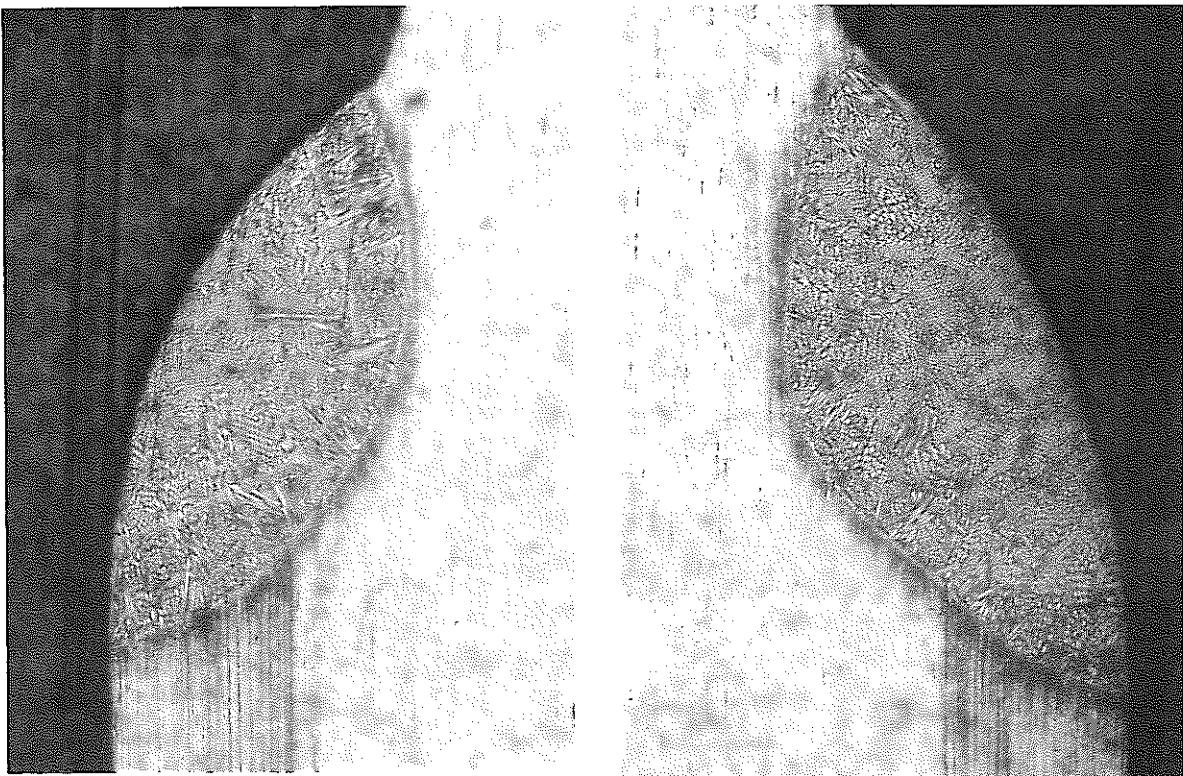


Photo 13 試験-II 断面金相(58MS5)

×50  
0.1mm



Photo 14 試験-II 断面金相(57MK2)

×50  
0.1mm



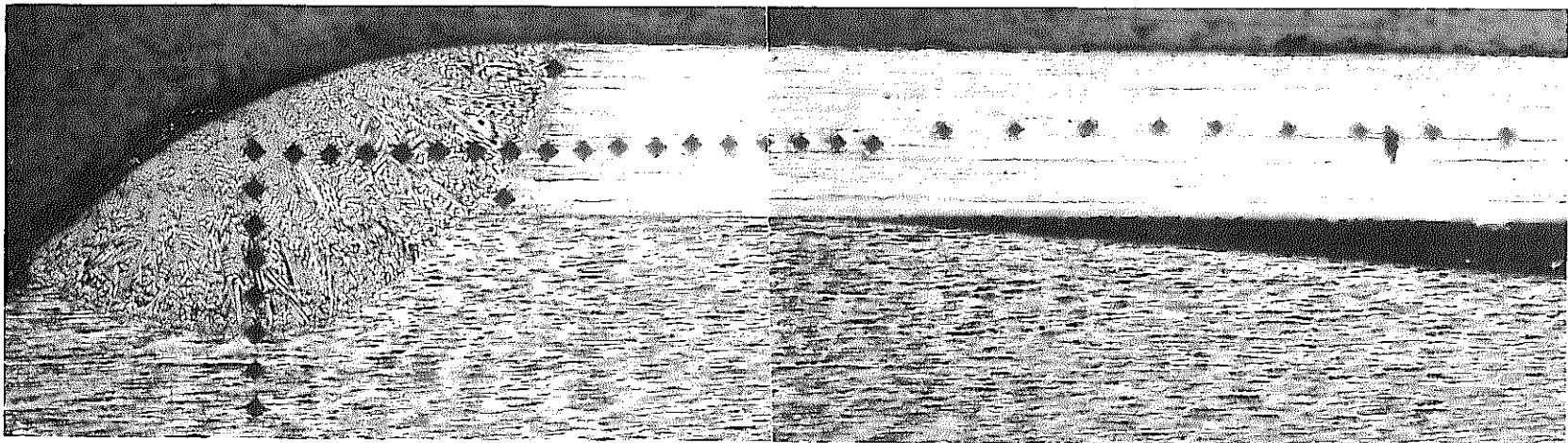
Photo 15 試験-II 断面金相(57MK4)

×50  
0.1mm



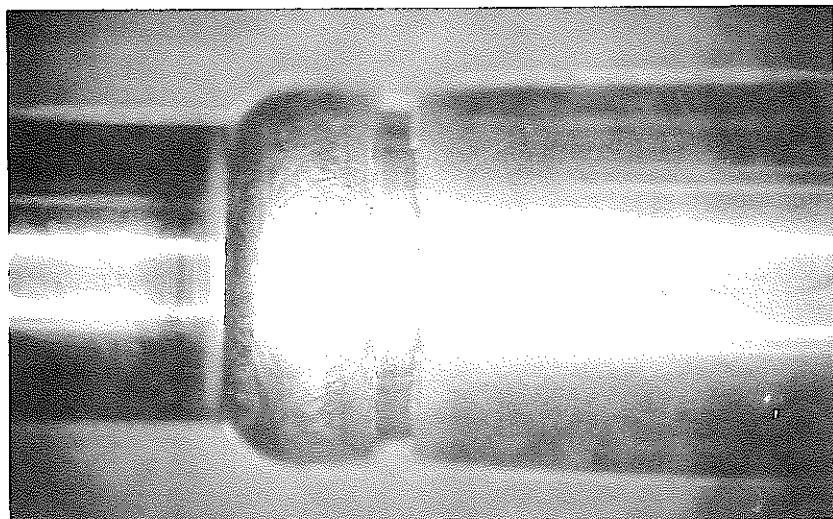
Photo 16 試験-II 断面金相(58MK6)

×50  
0.1mm

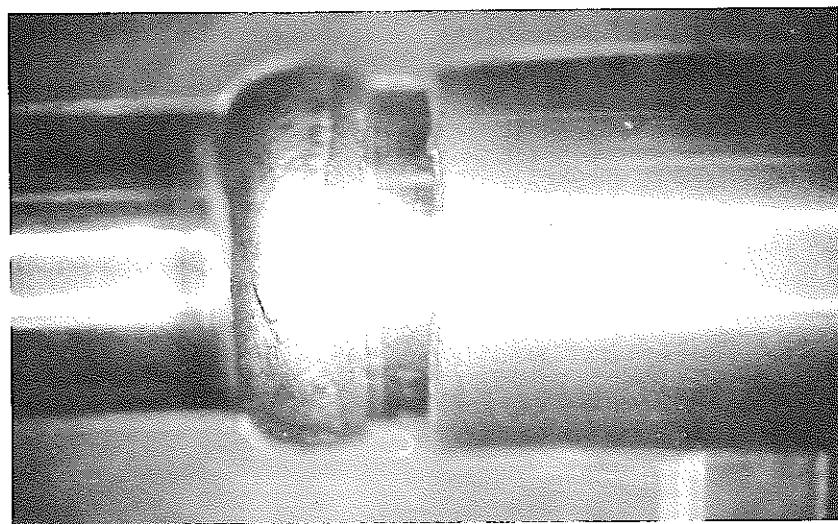


0.1 mm      × 50

Photo 17 ビッカース硬度測定点



57MS1

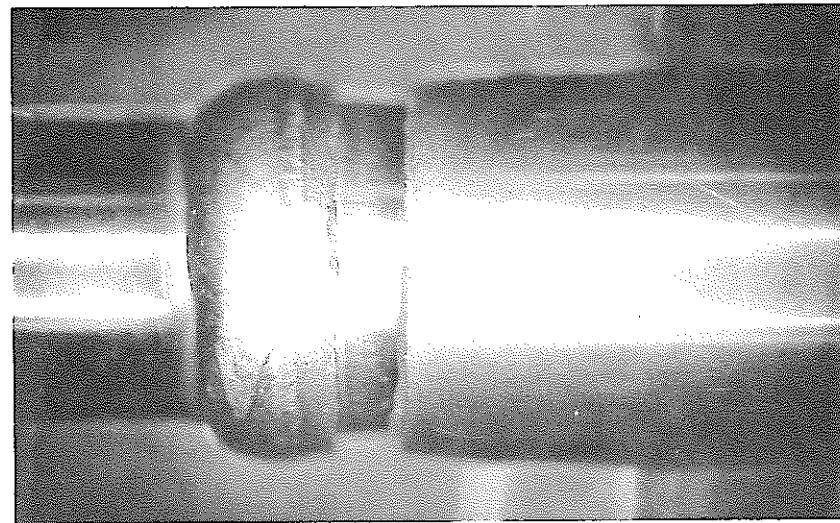


57MS3

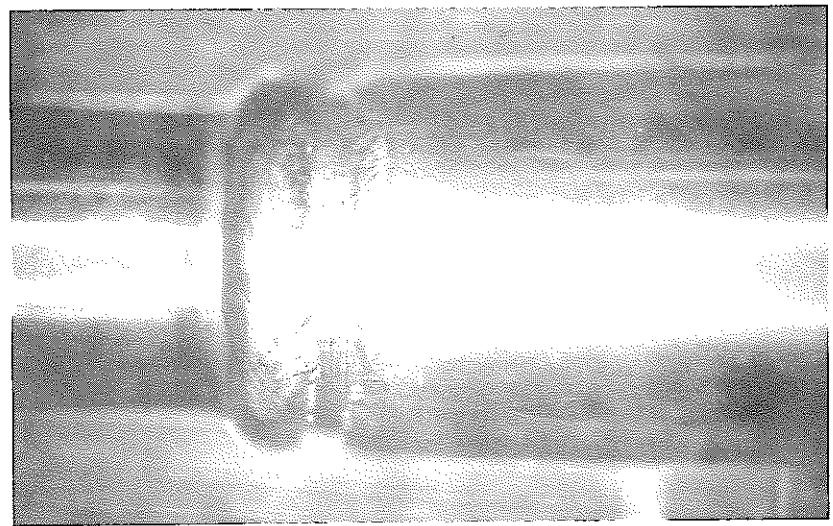
× 6

Photo 18 引張試験破断位置、試験-I

PNC SN8430 88-003



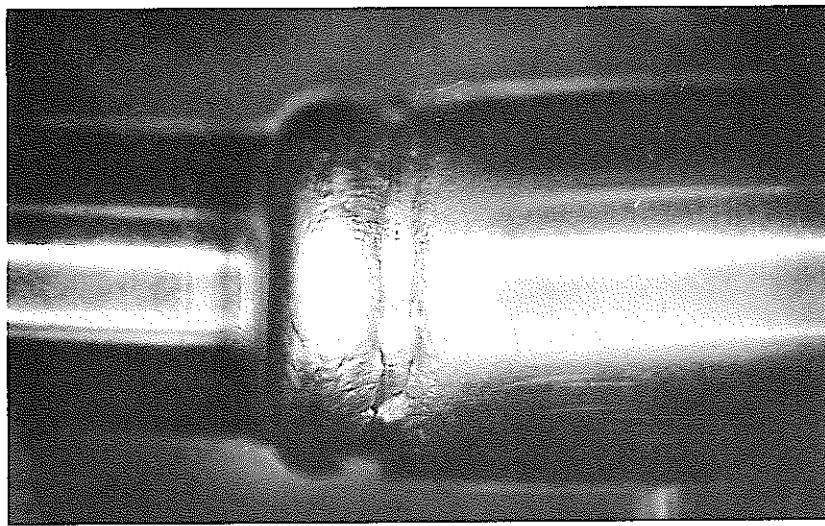
58MS5



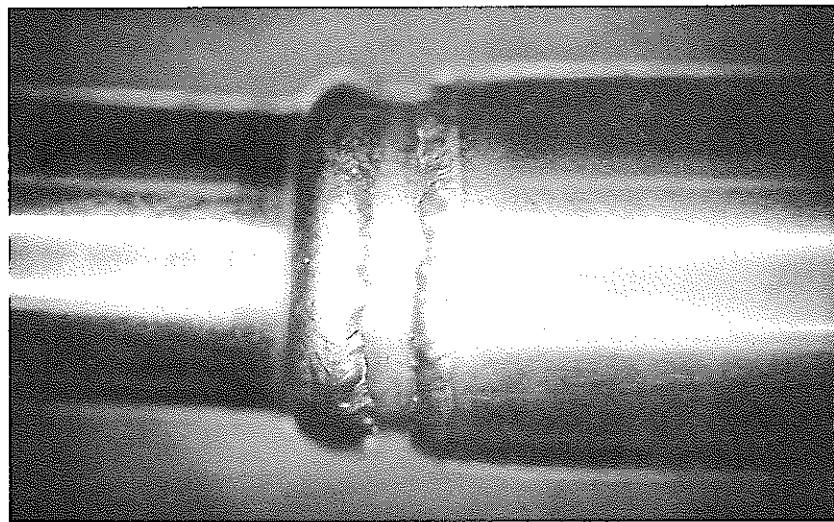
57MK2

× 6

Photo 19 引張試験破断位置、試験-I



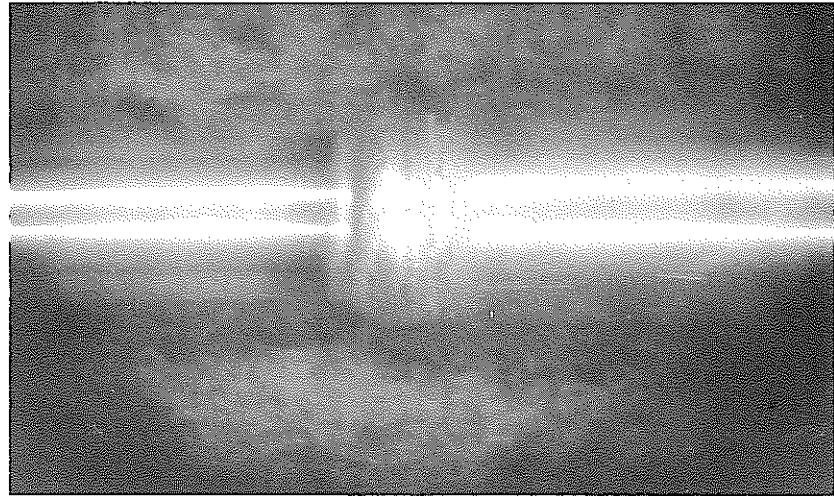
57 MK 4



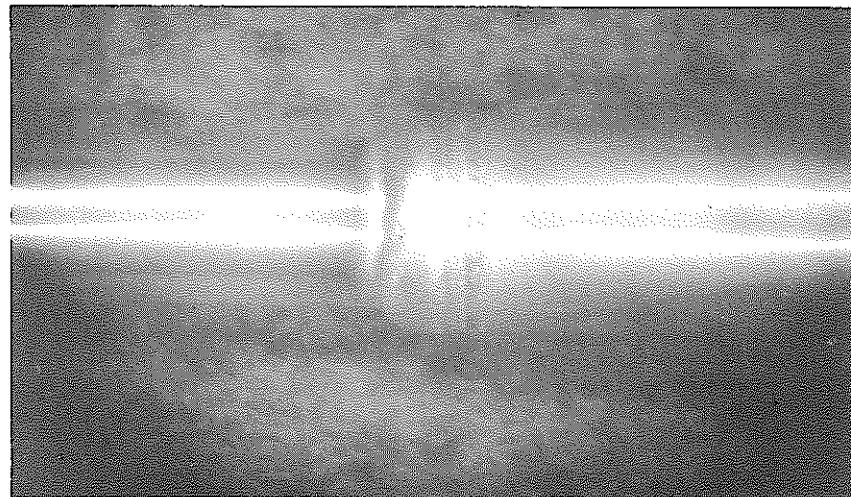
58 MK 6

× 6

Photo 20 引張試験破断位置、試験-I



57MS1

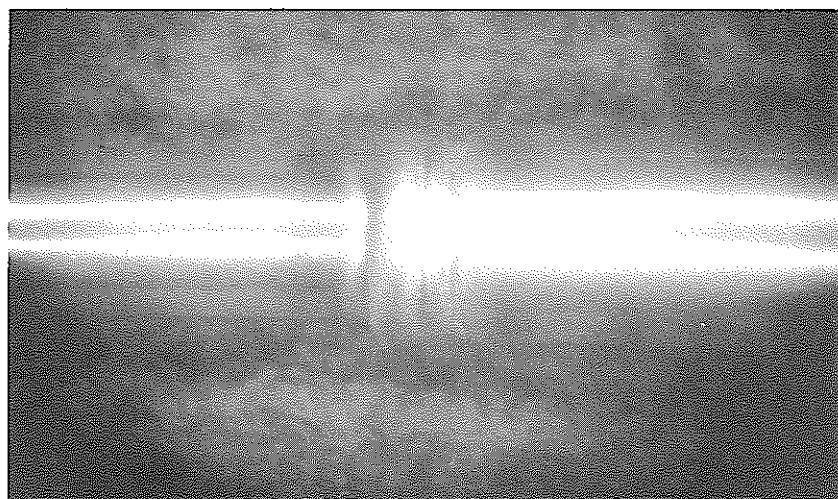


57MS3

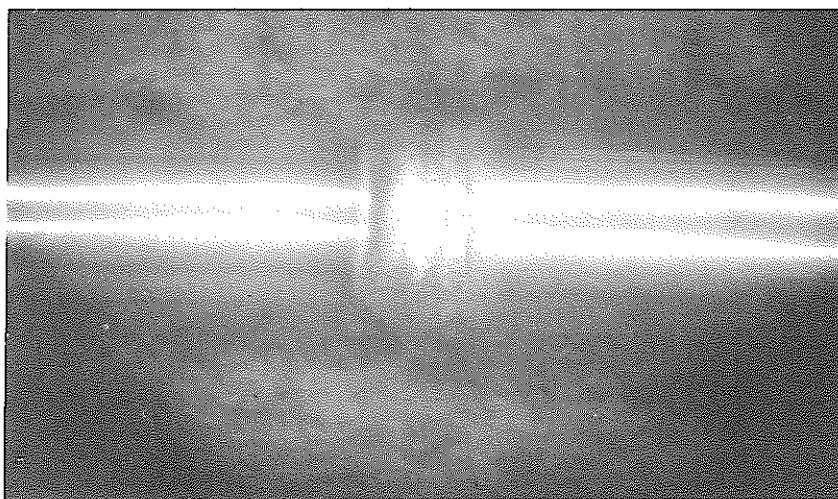
× 3

Photo 21 引張試験破断位置, 試験-II

PNC SN8430 88-003



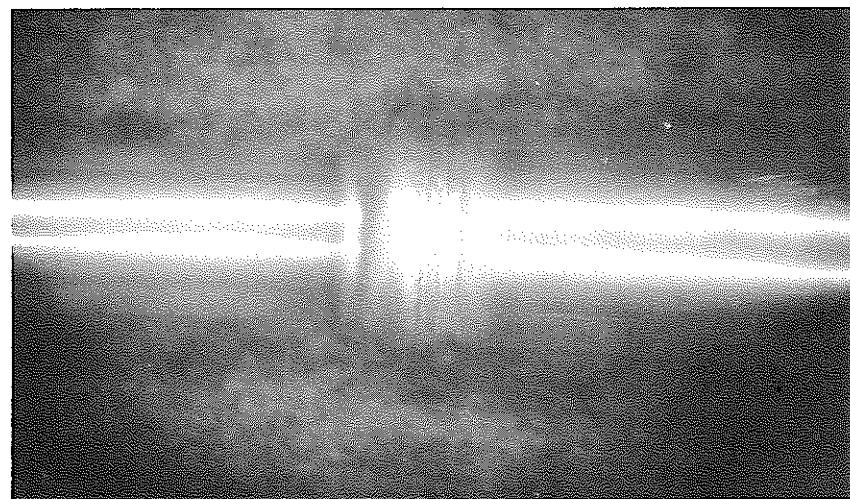
58MS5



57MK2

× 3

Photo 22 引張試験破断位置、試験-II



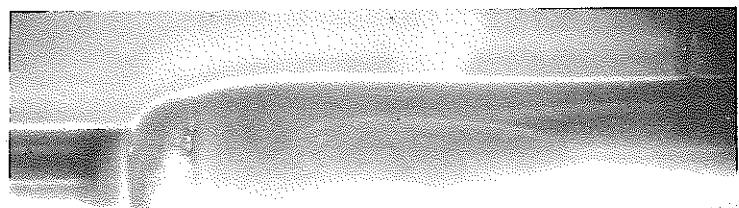
57 MK 4



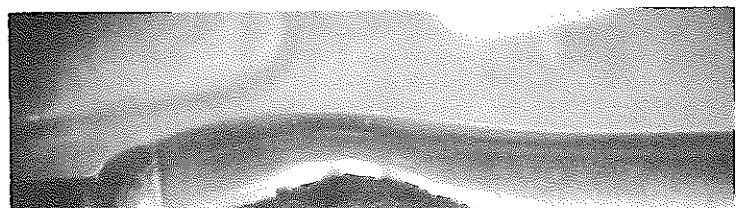
58 MK 6

×3

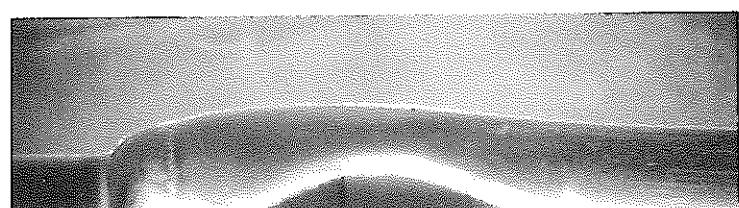
Photo 23 引張試験破断位置, 試験-II



57MS1



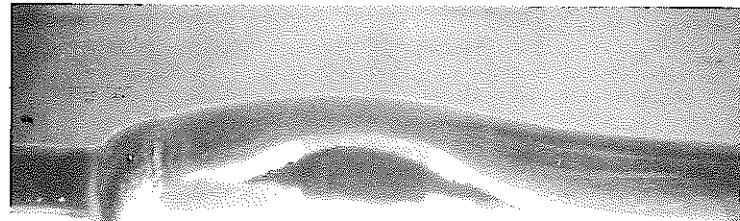
57MS3



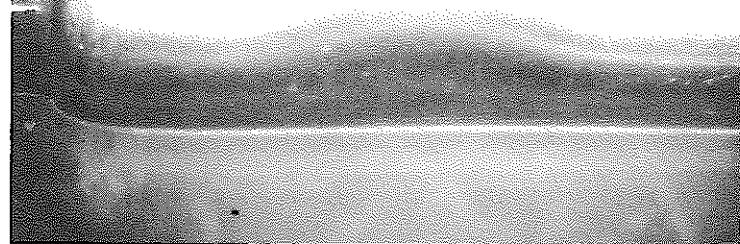
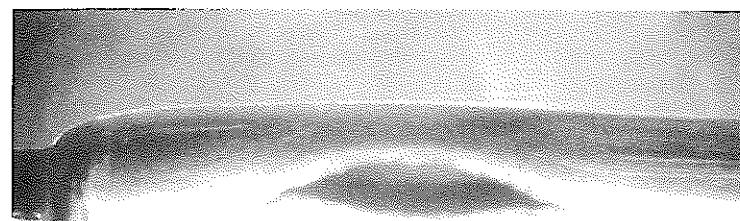
58MS5

×6

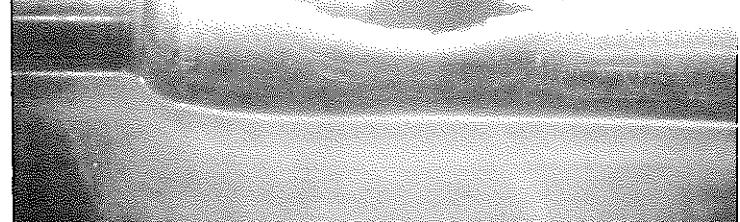
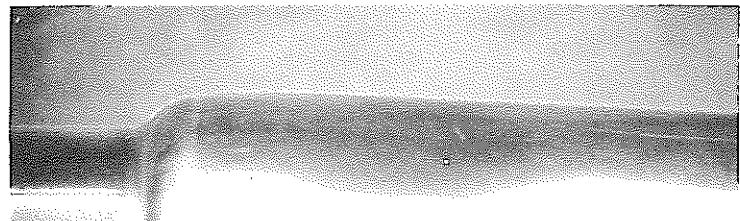
Photo 24 内圧バースト試験破裂部, 試験-I



57 MK 2



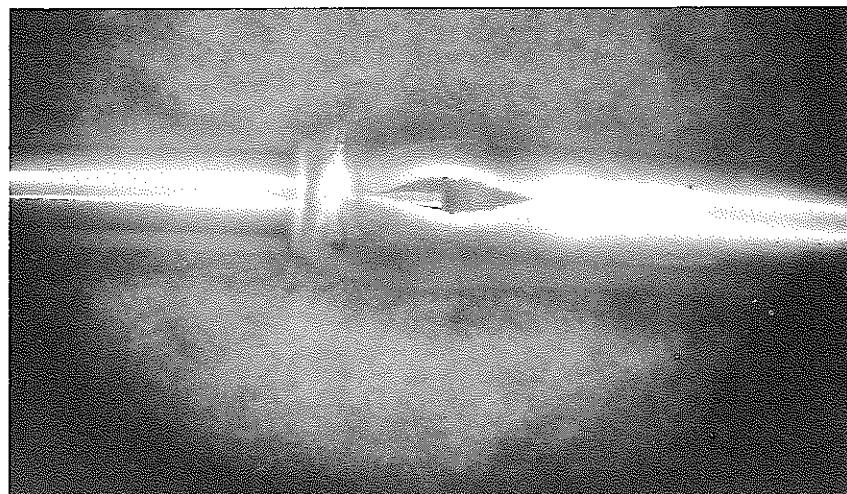
57 MK 4



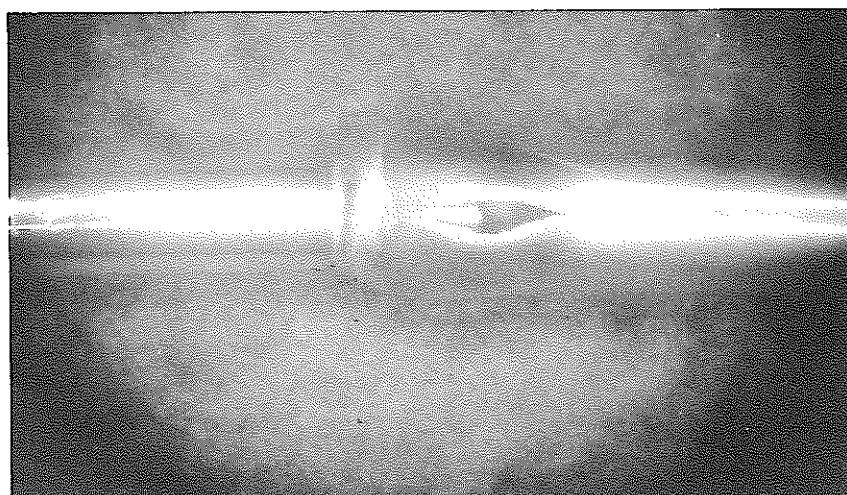
58 MK 6

×6

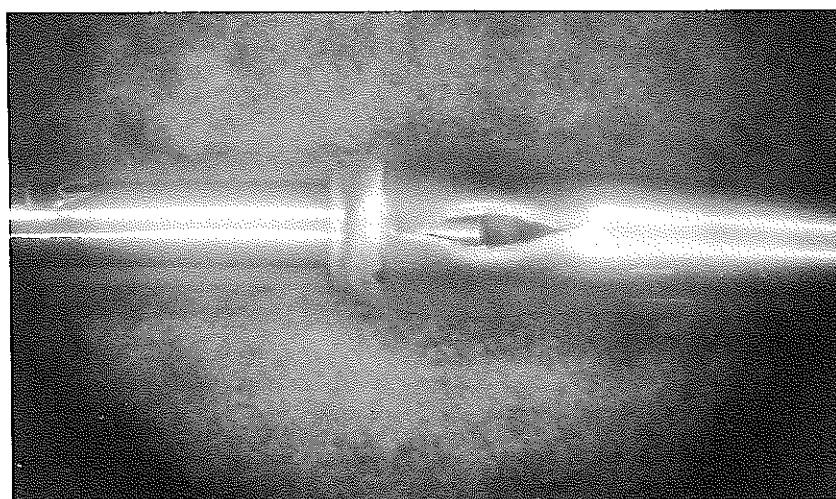
Photo 25 内圧バースト試験破裂部, 試験-I



57 MS 1



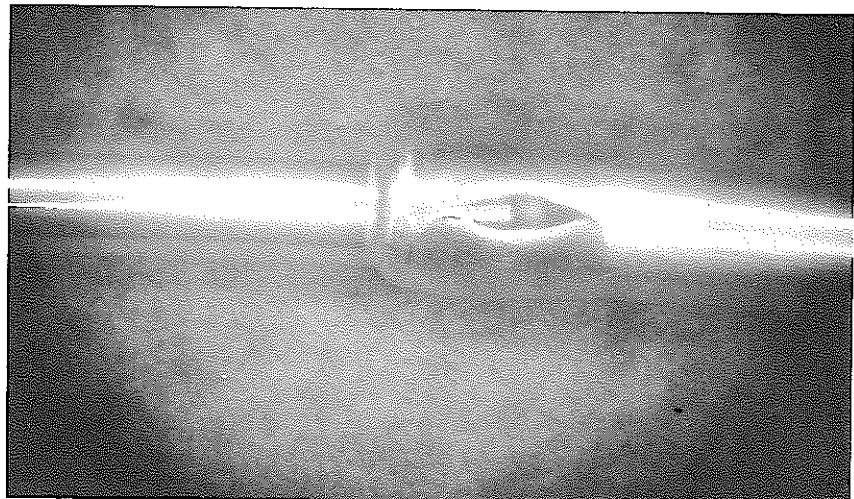
57 MS 3



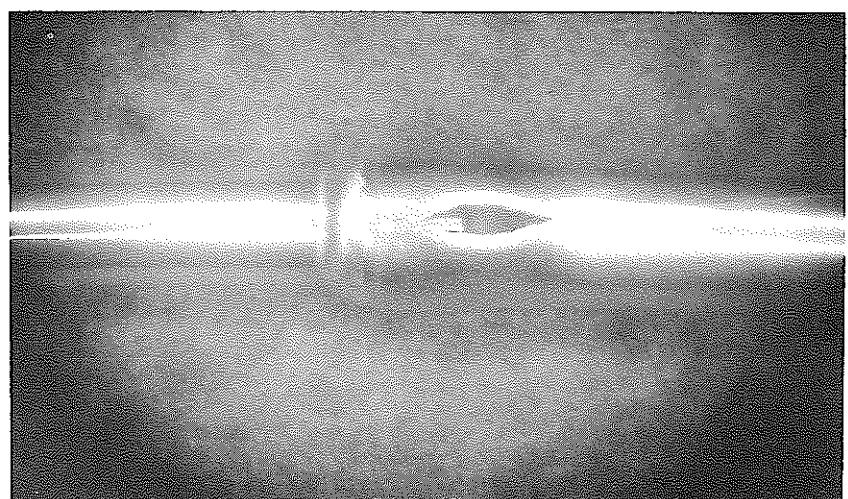
58 MS 5

× 6

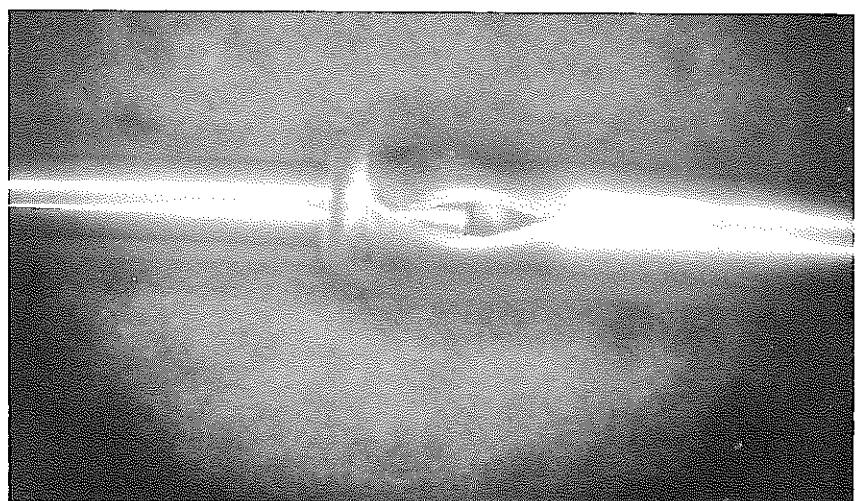
Photo 26 内圧バースト試験破裂部, 試験-II



57 MK 2



57 MK 4



58 MK 6

× 6

Photo 27 内圧バースト試験破裂部, 試験-II