

中 國 科 學 院
1954年金屬研究工作報告會會刊

第 一 冊

鋼 鐵

科 學 出 版 社

目 錄

鋒鋼鍛壓比的研究·····	張作梅、李建華、李慧珍 (1)
中國早期鋼鐵冶煉技術上創造性的成就·····	周志宏 (42)
用碳脫氧鋼液的熱力學基礎·····	烏·阿·格里古良 (66)
在金屬壓力加工方面科學研究工作中的幾個問題·····	尼·葉·斯克羅霍多夫 (76)

鋒鋼鍛壓比的研究

張作梅 李建華 李慧珍*

(中國科學院金屬研究所)

提 要

關於鍛壓比對於鋒鋼的機械性能、低倍組織、微觀組織和切削性能的影響，曾作廣泛的研究。研究範圍：鍛造比 1 至 80，鍛壓比 12 至 455，主要結果如下：

(1) 退火的鋼材中，除硬度外，鍛壓比的增加對於機械性能有改進。淬火回火後，鍛壓比的增加對於抗壓和抗彎強度有改進，但對其他性能的影響則不顯著。

(2) 鍛造比 4 以上，萊氏體共晶的網狀組織開始消失。

(3) 銼切試驗中，鍛壓比對於磨損和切削壽命均無明顯的影響。鍛造比 4 以上，鋼材表面與中心切削的性能已漸趨一致。

(4) 銼切試驗中，鍛造比 3 以上，鋒鋼的切削性能基本上已達一般水平。

(5) 衡量鍛壓比的影響，銼切試驗似較銼切試驗優越。

實驗過程中，利用顯微鏡來測量銼切的磨損機構，和簡單銼切方法來衡量鍛壓比對於切削性能的影響。對於銼切刃口的磨損機構有新的認識。

研究結果可以應用到生產上去，解決大鍛件的製造和減少不必要的加工過程。在刀具和其他工具設計和製造上，供給了新的資料，亦有裨益。

一、引 言

本研究的目的是探求鍛壓比（即鋼錠斷面與成材之比）對於鋒鋼性能的影響。在生產上的意義為解決大鍛件的製造以及減少不必要的鍛壓過程。以 3 噸汽錘為例，根據蘇聯資料^[1]，僅能鍛造小於 330 毫米方或圓的鋼錠。現有資料一般認為鋒鋼的鍛壓比以 10 以上為佳^[2,3]，如是則 3 噸錘能製之最大成材便限於 100 毫米以

* 本研究工作除某廠職工負責冶煉、鑄造、鍛造和壓延外，金屬研究所參加工作者尚有張順天、劉泰儉（主要在低倍和顯微組織檢驗方面）、高子明、楊建頤（在銼切試驗方面）、張廣信等。

下的方或圓鋼。然而，在目前大規模經濟建設中，尤其是在大銑刀的製造中，需要不少 100 毫米直徑以上的鍛件，因此便不能解決。

在學術上，鍛壓比乃金屬加工的一個基本問題，但是金屬在鍛造過程中所發生的變化，以及鍛造壓延對於各種金屬的物理和機械性能的影響，了解得還是很不夠的，所以鋒鋼鍛壓比的研究，可以促進這方面的了解。

本研究與某廠密切合作進行，鋒鋼的冶煉、鑄錠、鍛造、壓延均在廠內進行，由金屬所派人記錄。至於性能試驗，金相檢驗以及銑切、銹切試驗，則在金屬研究所內進行。

二、現有資料

鋒鋼鍛壓比的資料很少，格羅士孟和賓恩在“高速鋼”^[2]書中認為鍛壓比是很重要的。因為在熱加工溫度下，鋒鋼中的碳化物不易溶於 γ 鐵中，因此為了獲得碳化物的顆粒細小而分佈均勻，就只有依靠機械加工。他們認為鍛壓比最好是 10 左右，如果要獲得大鍛件，則必需用鍛鍛法來獲得所要求的鍛造比。

劉逸民譯的“高速度鋼”一書中認為“為要破壞碳化物，約達 90% 的斷面減縮率是不可缺的，只高溫的退火當然不會使已生的 Ledeburite 散開的”^[3]。斷面減縮率 90%，即為鍛造比 10。

古廖乙夫在“金屬學”^[4]書中講及鋒鋼的質量很大程度上是決定於鍛造比，當鍛造不足時會有碳化物的偏析，這就是沒有被破碎的萊氏體共晶。碳化物偏析顯著，則鋒鋼的質量愈低（在工作時強度降低而脆性增高等）。

濱住松二郎在“輓近鐵鋼及特殊鋼”^[5]書中載有切削耐久時間與鍛造比的關係曲線。鍛造比 2~10 之間曲線逐漸上升，10 以後至 16 則再無顯著增高。

總之，根據現有的資料，一般均認為鍛造比在 10 以上，鋒鋼的性能才較為良好。不過鍛造比 10 的決定，一般均無詳述科學上的根據，而只限於定性的敘述而已，因此，究竟鍛壓比的影響如何？以及在一定情況下應該採用何種鍛壓比最為適宜，便無科學上令人滿意的答案。

三、研究內容

根據上述的目標及廠方的要求，決定本題目的研究內容包括下列各方面：

- (1) 鍛壓比對於鋒鋼機械性能的影響；

(2) 鍛壓比對於鋒鋼組織的影響, 特別着重於碳化物的分佈;

(3) 鍛壓比對於鋒鋼鑄切性能的影響;

(4) 鍛壓比對於鋒鋼銑切性能的影響.

採用的鋼錠重量及鍛壓比如表 1 所示.

表 1 試驗用鋼錠重量和鍛壓比

鋼錠重量 千克	鍛 造 比	鍛 壓 比
300	2, 3, 4, 6, 10, 20, 40, 80,	52.8, 180, 454.8
200	2, 3, 4, 6, 10, 20, 40	12, 12.96, 16.3, 17.4, 18.9, 38, 39.8, 45.2, 114.5, 122, 135.6, 180, 331.2
110	2, 3, 4, 6, 10, 20	38.5, 53.5, 71.8, 175

機械性能試驗主要為硬度、彎曲、衝擊及淬火前的抗張試驗.

組織檢驗包括低倍檢驗和金相檢驗, 而特別注意萊氏體的破碎情況和碳化物的分佈.

在鑄切試驗及銑切試驗中, 均採用特製刀具, 以鎳鉻鋼 30XH3 為被切削材料. 鍛造比對於切削性能的影響, 以在同一切削條件下刃口之壽命, 或同一時間內刃口的磨損程度來衡量.

茲將研究經過及結果分下列四方面進行敘述:

- (1) 試料的冶煉、鑄造、鍛造和壓延;
- (2) 機械性能試驗和組織檢驗;
- (3) 鑄切試驗;
- (4) 銑切試驗.

四、試料的冶煉、鑄造、鍛造和壓延

試料用不氧化法在 5 噸電弧爐內進行冶煉, 其配料主要為回爐鋒鋼, 乃鍛造時切下的頭尾. 例如鑄造 300 千克鋼錠的原料, 90% 為回爐的鋒鋼, 其餘的 10% 為普通的平爐鋼.

鑄錠用下注法, 鋼錠模分三種, 其重量如表 1 所示. 澆鑄時鋼水的溫度約為 1550°C (用光學高溫計測量), 鋼錠模的溫度為 50~70°C, 塗料用豆油, 鋼錠冷卻

時間 6~7 小時，脫模溫度約為：110 千克錠 250°C，200 千克錠 200°C，300 千克錠 300°C，脫模後，鋼錠在空氣中冷卻。成品的化學成分見表 2 所示。

表 2 試 料 的 化 學 成 分

化學成分 鋼錠重量(千克)	C	Mn	Si	S	P	Cr	W	V
300	0.78	0.25	0.18	0.008	0.009	4.12	18.19	1.22
200	0.75	0.26	0.14	0.007	0.026	4.15	17.93	1.14
110	0.72	0.29	0.22	0.006	0.017	4.02	18.03	1.20

未鍛造之先，鋼錠進行退火熱處理，在煤爐內加熱，由室溫經 11 小時後加熱至 730°C，保溫 5 小時，然後在爐內緩慢冷卻，冷卻時間共 26 小時，出爐溫度為 127°C。所有溫度的記錄均用鎳鉻-鎳鋁絲熱電偶，而用校正後的毫伏計測量。

鍛造在 3 噸和 2 噸的蒸汽錘上進行，鍛造時的加熱方式如圖 1a 所示，其中預

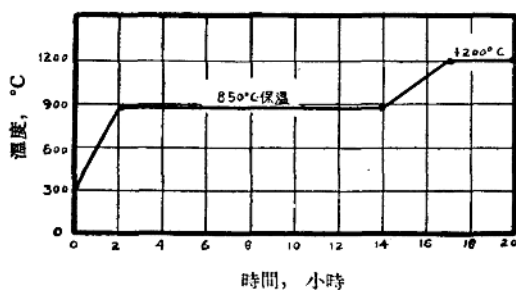


圖 1a 鍛造時的加熱曲線

熱及均熱在不同的煤爐中進行，開鍛溫度一般在 1050~1150°C 之間，停鍛溫度 910~1000°C 之間，開停鍛溫度均用光學高溫計測量。關於鍛造前後鋼錠鋼材的尺寸及其鍛造比如表 3 所示，其中供給以後壓延用之材料亦分別註明於表內。鍛造後的鋼材均在砂中徐冷。

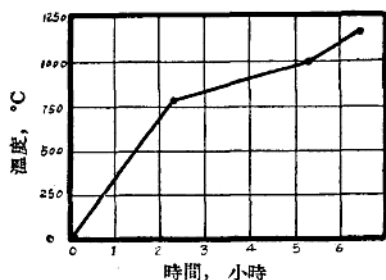


圖 16 壓延時的加熱曲線

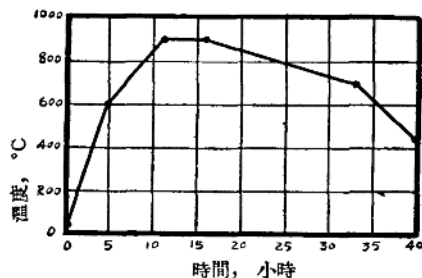


圖 2 鋼材退火曲線

表 3 鋼錠鋼材鍛造前後的尺寸與鍛造比

鋼錠尺寸及重量		鋼材尺寸及鍛造比									
尺寸: 235 毫米(直徑) (幾何平均值) 重量: 300 千克	鋼材尺寸 鍛造比 備考	方	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	方	方	方
		147	135	118	95	75	65	55	34	23	方
尺寸: 195 毫米(方) (幾何平均值) 重量: 200 千克	鋼材尺寸 鍛造比 備考	2	3	4	6	10	12	20	40	80	方
							供以後壓延用				方
尺寸: 125 毫米(方) (幾何平均值) 重量: 110 千克	鋼材尺寸 鍛造比 備考	Φ	Φ	方	Φ	Φ	Φ	Φ	方	方	方
		155	125	100	110	90	70	50	30	40	方
尺寸: 125 毫米(方) (幾何平均值) 重量: 110 千克	鋼材尺寸 鍛造比 備考	2	3	3.6	4	6	10	20	40	方	方
				供以後壓延用		部分供以後壓延用 用為 80 方	一部分供以後壓延用 為 60 方				方
尺寸: 125 毫米(方) (幾何平均值) 重量: 110 千克	鋼材尺寸 鍛造比 備考	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	方	方	方	方	方
		100	80	70	60	45	28	20	20	20	方
尺寸: 125 毫米(方) (幾何平均值) 重量: 110 千克	鋼材尺寸 鍛造比 備考	2	3	4	6	10	20	40	80	160	方
						一部分供以後壓延用的為 45 方					方

表 4 鋼材壓延前後的尺寸與鍛造壓延比

鍛造後 鋼材尺寸 鍛造比	65 毫米(方)		60 毫米(方)		100 毫米(方)		80 毫米(方)		45 毫米(方)	
	12	10	10	10	3.6	3.6	6	6	10	10
壓延後尺寸 壓延比	35Φ	19Φ	45方	35Φ	55方	45方	55方	45方	30Φ	12Φ
	4.4	15	1.63	3.8	3.33	4.93	2.16	3.15	5.35	7.18
總共鍛壓比 備考	52.8	180	16.3	38	12	17.4	12.96	39.8	331.2	175.0
	由 300 千克錠		由 200 千克錠		由 200 千克錠		由 200 千克錠		由 110 千克錠	

鍛造後的鋼材，一部分即進行性能試驗與切削試驗，其餘一部分則壓延成較小的尺寸，壓延前亦在煤爐內加熱，其加熱曲線如圖 16 所示。

壓延孔型主要為菱-方和橢圓-圓二系統。開軋溫度為 $1120 \sim 1150^{\circ}\text{C}$ ，停軋溫度為 $950 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，均用光學高溫計測量，軋完後，鋼材在砂中徐冷。壓延前後，鋼坯鋼材的尺寸以及其總鍛壓比如表 4 所示。

所有鍛壓後的鋼材經砂冷後裝在鐵箱內，在煤爐中進行退火處理，其溫度曲線如圖 2 所示。

五、機械性能試驗和組織檢驗

(一) 機械性能試驗

(1) 退火後的性能試驗

在退火狀態下的鋒鋼材料，曾進行下列的機械性能試驗：

1. 硬度——由鋼錠至鍛造比 80 的材料，硬度與鍛造比之間並無一定的規律，硬度變更的範圍在布氏 230~273 之間。至於鍛造壓延後的鋼材，鍛壓比亦無明顯的影響，鍛壓比 12 至 455 的材料硬度的變化，介於布氏 234~252 之間。

2. 抗張試驗——抗張試驗採用直徑 10 毫米標距為 50 毫米的試棒，在阿姆斯特 (Amsler) 50 噸萬能材料試驗機上進行，其結果如圖 3a, 3b 及 3c 所示。

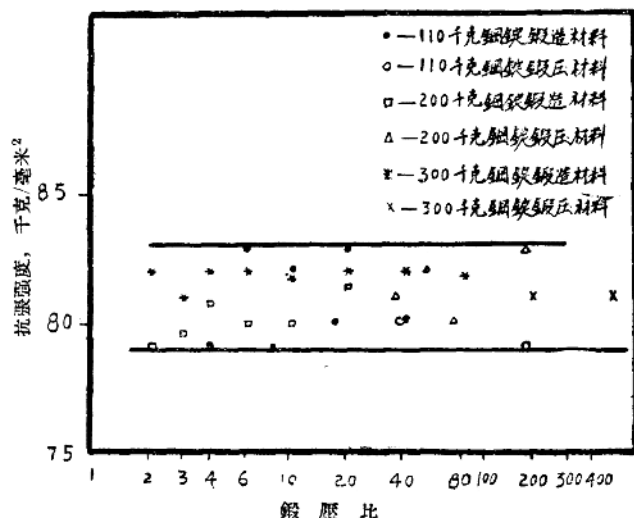


圖 3a 鍛壓比與抗張強度的關係 (退火後的材料)

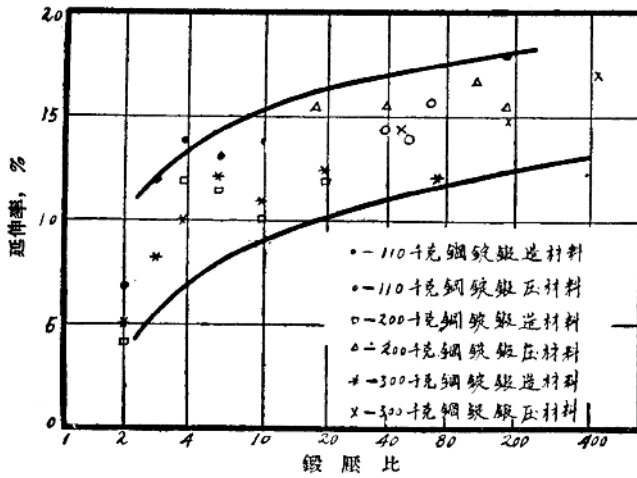


圖 36 鍛壓比與延伸率的關係（退火後的材料）

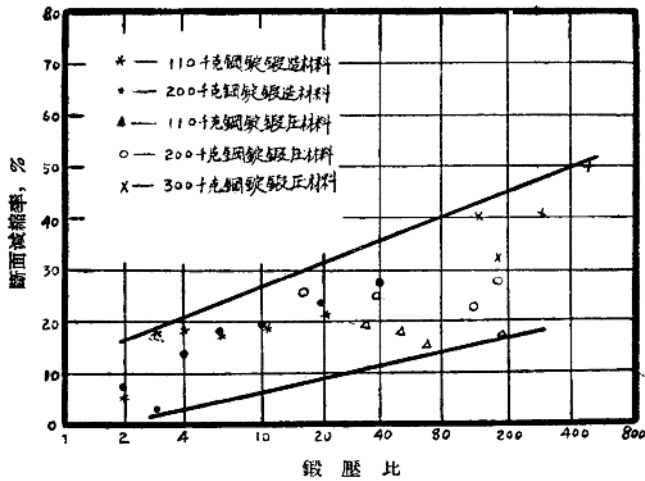


圖 3B 鍛壓比與斷面減縮率的關係（退火後的材料）

由圖可見鍛壓比的增加，對於抗張強度無影響，但是對於斷面收縮率和延伸率則有改進。

3. 彎曲試驗——試樣為10毫米(方)~200毫米(長)，支點距離150毫米，負荷加於支點中間，亦在50噸的阿姆斯拉萬能材料試驗機上進行，其結果如圖4所示。

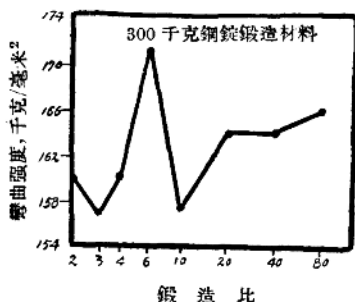


圖 4 鍛造比與彎曲強度的關係
(退火後的材料)

由是可見，一般趨勢為彎曲強度依鍛造比的增加而增加。

4. 衝擊試驗——用梅氏標準試樣，在 10 千克-米的衝擊試驗機上進行試驗，結果如圖 5 所示。結果頗為散亂，不過一般尚有隨鍛造比增高而衝擊值增大的趨勢。

總結退火後材料試驗的結果，可見除對硬度的影響不甚明顯外，其餘的機械性能皆有隨鍛壓比的增大而改良的趨勢。

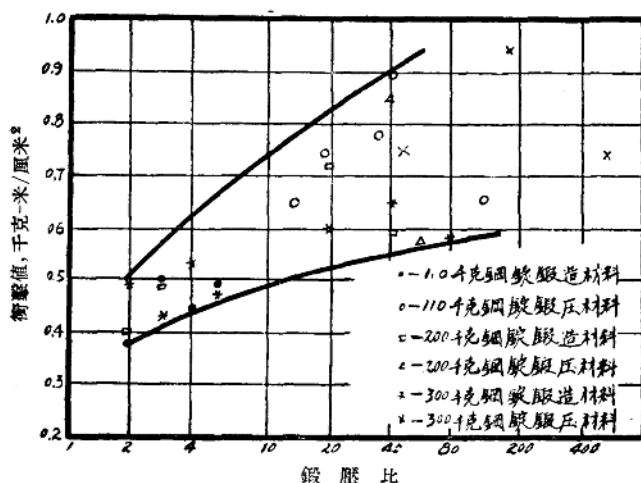


圖 5 鍛壓比與衝擊值的關係 (退火後的材料)

(2) 淬火、回火後的性能試驗

鍛壓後材料的淬火、回火基本上照古廖乙夫^[4]書上的資料進行：即加熱至 900°C，迅速移至 1310°C 的高溫爐中，保溫 2 分鐘後，淬入豆油中冷卻，然後進行 3 次回火，每次回火溫度為 560°C，保溫時間為 20 分鐘。處理後的試料，即磨製成各種試樣，然後進行下列的機械性能試驗：

1. 硬度——鍛壓比並無明顯的影響。在全部鍛造和鍛壓後的試料中，硬度的變更只限於 R_c 64.1~66.5 之異常狹小範圍內。

2. 抗壓試驗——試樣直徑為 9 毫米，高 15 毫米，亦在 50 噸阿姆斯拉萬能材料

試驗機上進行。爲減少試樣與壓板間的摩擦，試樣的兩端加上高黏度的壓縮機油潤滑。試驗呈典型的脆性破裂，並無塑性變形現象，其抗壓強度如圖 6 所示。抗壓強度雖有波動，但鍛壓比的增加對於抗壓強度是有改進的。

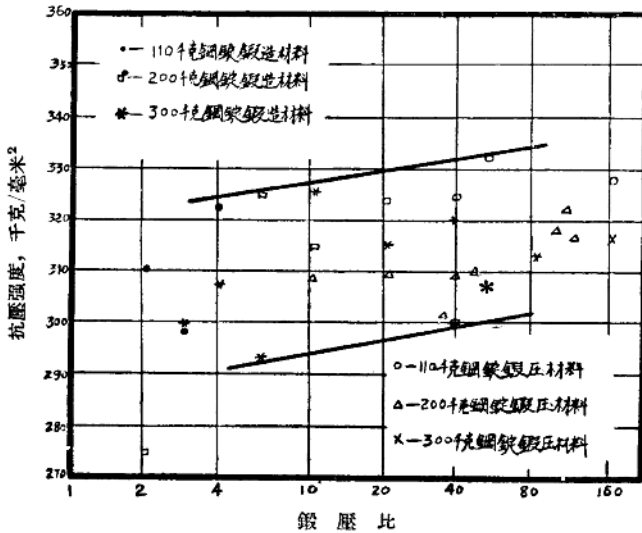


圖 6 鍛壓比與抗壓強度的關係（淬火回火後的材料）

3. 彎曲試驗——試樣曾特別注意表面的光潔，曾在平磨床上磨光各面。試驗結果亦波動頗大，但隨鍛壓比的增大而改進的趨勢很明顯（圖 7）。

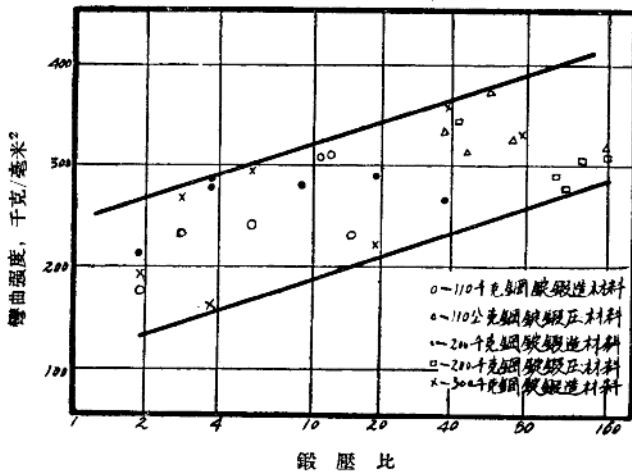


圖 7 鍛壓比與彎曲強度的關係（淬火回火後的材料）

4. 衝擊試驗——衝擊試片用平磨床磨光，刻槽用金剛砂研磨，結果如圖 8 所示。結果波動很大，並無一定的規律。

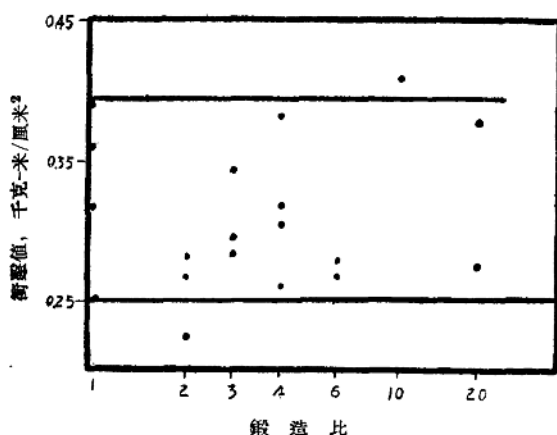


圖 8 鍛造比與衝擊值的關係（淬火回火後的材料）

由上可見，淬火回火後鋒鋼的機械性能除硬度較為一致外，其餘性能均在較大範圍內波動，鍛造比和鍛壓比除對抗壓強度和抗彎強度有改進外，對於其他性能並無明顯的影響。

(二) 組織檢驗

組織檢驗分低倍和金相兩種。低倍試料由鍛料端部切取，鋼錠則由距尾部 $1/3$ 處切取（ l 為鋼錠本體長度）。利用 34% 的鹽酸水溶液，溫度 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，酸浸時間為半小時。金相試片則在靠近鍛料表面切取。

(1) 低倍檢驗結果

鑄錠曾檢驗過 200 千克和 110 千克的兩種。在 200 千克錠的縱斷面上稍有疏鬆，其餘皆正常；110 千克的橫縱斷面上（離尾部為 $1/3$ 處），俱有縮孔及夾雜，縮孔最大的達 4.34 毫米，如圖 9 所示。

鍛造後的鋼材，一般無突出的疵病，不過在由 200 千克錠鍛成鍛造比 20, 40 和 80 的鋼材中，發現較多氣孔和夾雜物，而且在縱斷面上都有一二條細小裂紋。此外由 110 千克錠鍛成的鍛造比 3 的鋼材，有裂紋及疏鬆，如圖 10 所示。

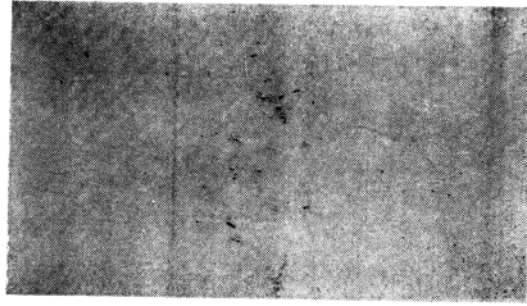


圖9 110 千克錠的低倍組織

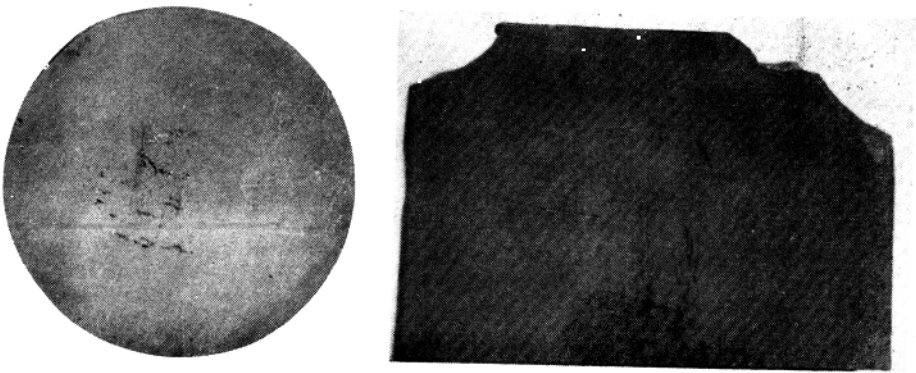
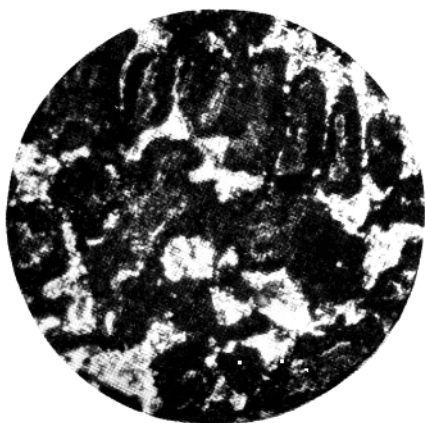
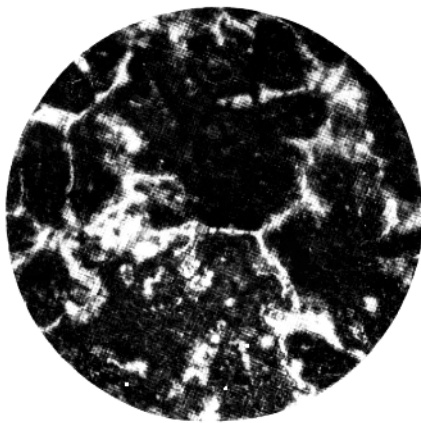


圖10 由110 千克錠鍛成的鋼材低倍組織（鍛造比3）



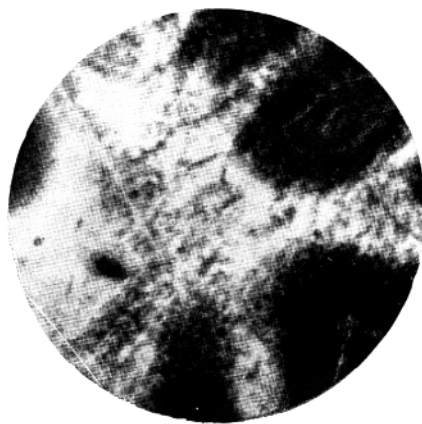
a 表面, 退火後



б 表面, 淬火回火後

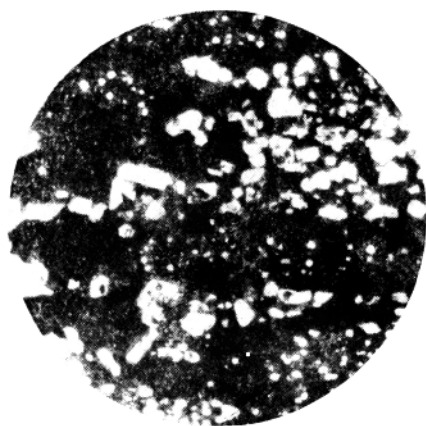


B 中心, 退火後

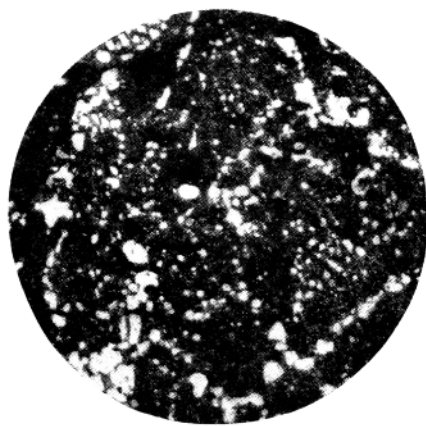


Г 中心, 淬火回火後

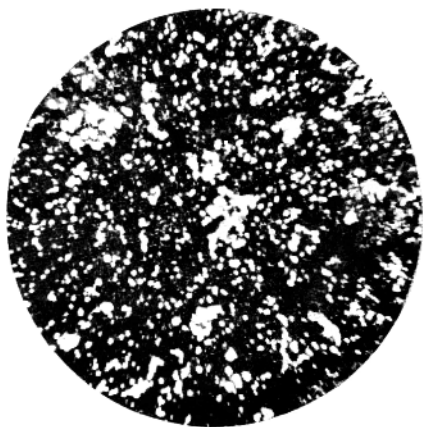
圖 11 鋒鋼的鑄態組織 (放大 315 倍)



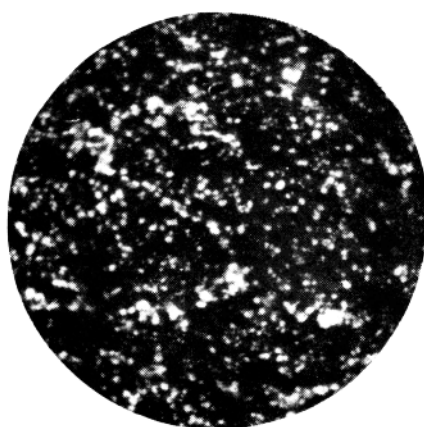
a 鍛造比 2



6 鍛造比 3

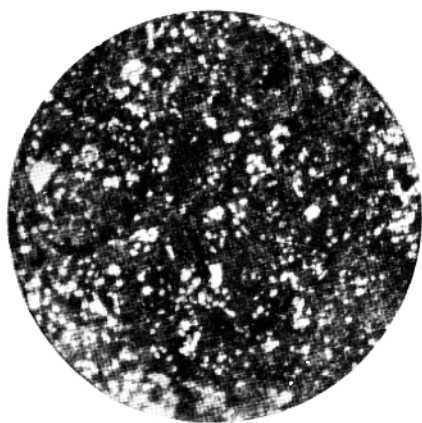


B 鍛造比 4

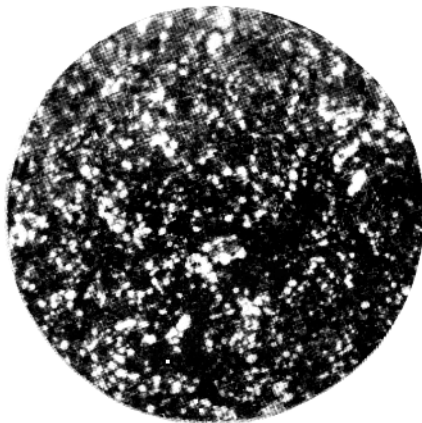


r 鍛造比 6

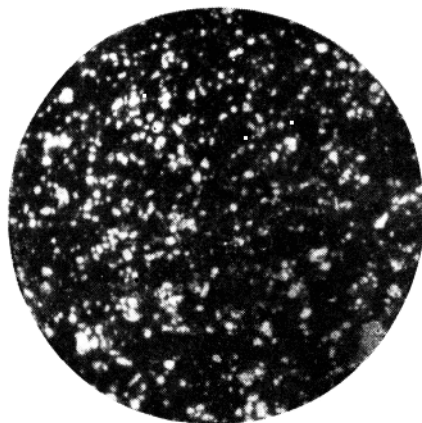
圖 12 (放大 315 倍)



д 鍛造比 10



е 鍛造比 20



ж 鍛造比 80

圖 12 不同鍛造比鋒鋼退火後的金相組織 (放大 315 倍)

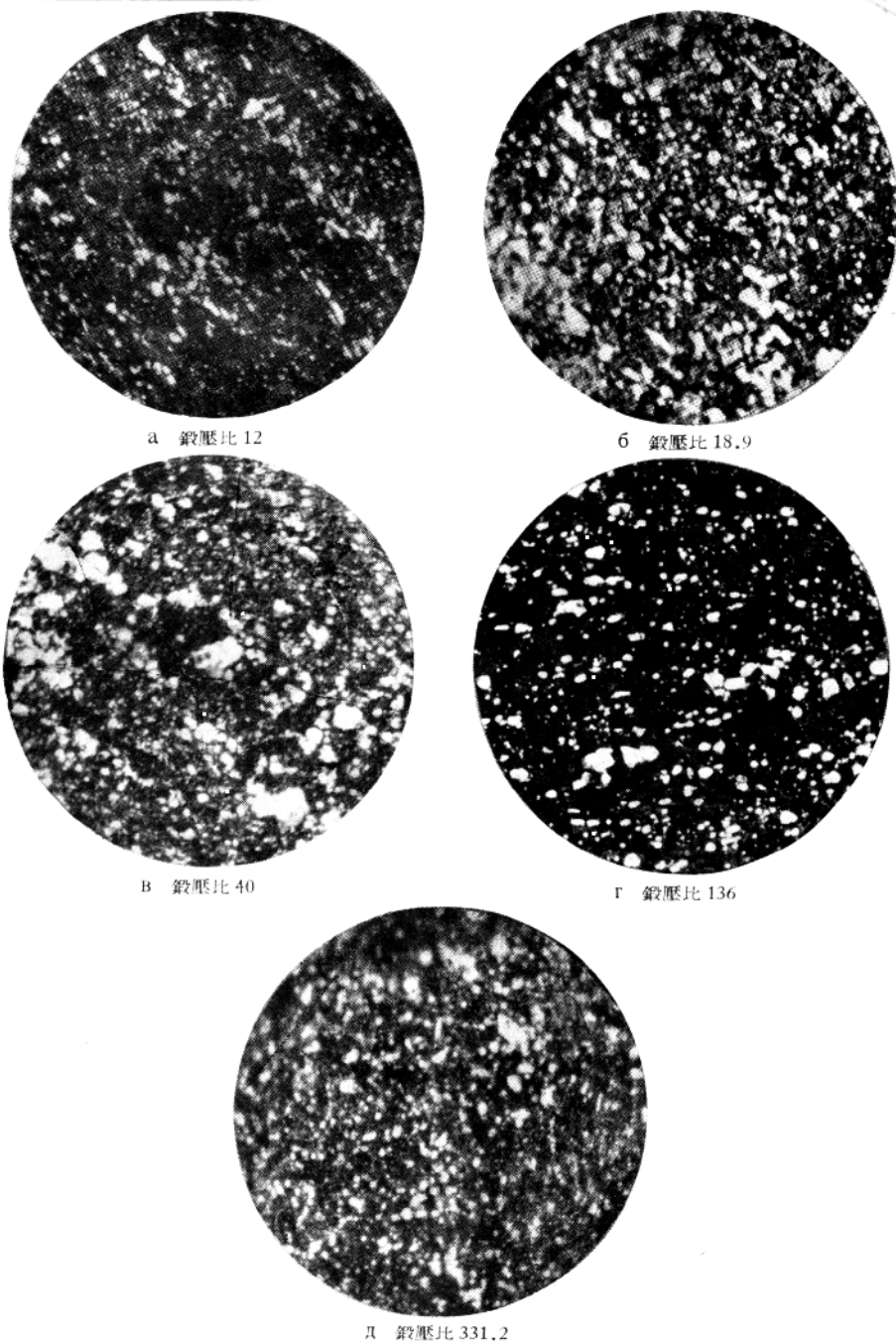


圖 13 不同鍛壓比的鋒鋼退火後的金相組織 (放大 315 倍)