
冷軋變形鋼筋

А. И. 阿瓦科夫 著

建 築 工 程 出 版 社

冷 軋 變 形 鋼 筋

郭 成 舉 過 沛 淵 合 譯

建 築 工 程 出 版 社 出 版

• 一 九 五 六 •

內容提要 本書敘述以原狀鋼筋進行冷作加工製成變形鋼筋的方法。這是繼 1949 年熱軋變形鋼筋之後又一新型的加工方法。本書除了闡述這種冷軋變形鋼筋的技術-經濟指標和軋製机床的成套構造外，詳細地介紹了各科學機關的研究成果；根據這些研究資料奠定了新頒佈的國定全蘇標準 6234-52 的基礎。這種鋼筋不僅可以增加鋼筋的強度，同時對於節約鋼材亦具有極大的意義。

本書可供科學研究者，建築工程設計、施工技術人員以及大學、專科學校師生參考。

原本說明

書名 ХОЛОДНОСПЛЮЩЕННАЯ АРМАТУРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

著者 А. И. Аваков

出版者 Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре

出版地點及日期 Москва-1954

冷軋變形鋼筋

郭成舉 趙沛淵合譯

*

建築工程出版社出版（北京市阜成門外黃土崗）

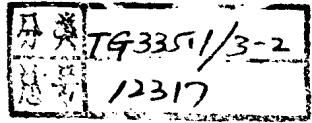
（北京市書刊出版業營業登記證出字第 052 號）

外文印刷廠印刷·新華書店發行

書號 267 120 千字 850×1168 毫米 印張 5 4/16 插圖

一九五六年四月第一版 一九五六年四月第一次印刷

印數：1-2,000 冊 定價（11）1.40 元



目 錄

序 言	5
第 一 章 变形鋼筋概述	8
1. 鋼筋与砧的粘着	8
2. 变形鋼筋的品种	12
3. 变形鋼筋性能的研究	21
第 二 章 冷軋变形鋼筋	29
1. 基本数据	29
2. 最佳形狀的求得	34
3. 力学性能	40
4. 粗条冷軋鋼筋	62
5. 新鋼筋形式的参数	65
6. 國定全苏标准 6234—52 的基本原则	68
第 三 章 冷軋变形鋼筋的銲接	70
1. 高温對於冷軋鋼筋性能的影响	70
2. 關於銲接鋼的一般知識	80
3. 弧銲時熱的傳布	83
4. 碰銲時熱的傳布	91
5. 电銲种类的选择	100
6. 銲接接头對於鋼筋砧承載能力的影响	101
7. 結 語	107
第 四 章 冷軋鋼筋製造机	108
1. 机床运动学格局的选择	108
2. 成批生產的机床	117
3. 机床需要功率的確定	124
4. 使用机床的生產实践	127
第 五 章 配有冷軋鋼筋的鋼筋砧結構	129
1. 冷軋鋼筋与砧的粘着力	129

2.	鋼筋砼梁	130
3.	柱	137
第 六 章	用冷軋鋼筋的預应力鋼筋砼結構	141
1.	初步試驗	141
2.	預应力鋼筋砼樁	143
3.	預应力鋼筋砼梁	149
4.	配置变形高强度鋼絲的預应力鋼筋砼梁	155
5.	大跨度預应力鋼筋砼梁	157
第 七 章	应用冷軋鋼筋的技術-經濟指标	166
1.	机床的机器台班成本	166
2.	鋼筋工作的成本	169

序 言

為遵照第十九次黨代表大會關於第五個五年計劃的指示在我國進一步開展基本建設，必須決定性地降低建築成本和節約主要材料——鋼鐵、水泥和木材的用量；特別是旨在縮減鋼筋砼中鋼料用量的各種措施的意義亦見提高。因此，尋求出變形鋼筋的合理類型，及其製造和使用的最佳方法，具有重大的意義。

變形鋼筋和普通圓條鋼筋比起來，具有久已為人所熟知的巨大優點。

我們最初採用作為變形鋼筋的是對原狀鋼條（圓鋼、方鋼、扁鋼和橢圓截面鋼）進行冷作加工而製成的絞結鋼筋、扭轉鋼筋和軋扁鋼筋。從1949年開始，本國工業正式生產一種以五號鋼製成的熱軋變形鋼筋，這種鋼筋現已在我國鋼筋砼建築工程中推廣應用。這種鋼筋在我國的生產，正在一年一年地增加，而在目前乃是保證向建築業供應變形鋼筋的主要來源。

中央工業建築科學研究院在A.A.格沃茲傑夫教授領導下的許多研究工作人員，曾因研究出熱軋變形鋼筋並將它推廣應用而在1949年獲得了斯大林獎金。

自從熱軋變形鋼筋出現於世，並在建築工程中見諸實用之後，以前所應用的以低效方法製造的絞結鋼筋、扭轉鋼筋和軋扁鋼筋便失去了一切意義。

和熱軋變形鋼筋同時，有一種新型變形的冷軋鋼筋亦見流行，這種鋼筋將在本書中加以闡述。

應當指出，目前變形鋼筋的主要類型仍是熱軋鋼筋。但是在我國建築工程的規模和速度之下，在很多場合採用下文中將要詳述的冷軋鋼筋，由於它的本身優點以及在建築工場中或生產企業中製造這種鋼筋的簡單性和經濟性，可能獲得極大的實效。

概括本書所提出的已有研究工作的結果和生產鑑定的資料，就可能達成將冷軋變形鋼用作鋼筋砼的高效鋼筋的建議，並在現行標準規範中作如下的變更和補充。

1. 容許在普通鋼筋砼中採用計算屈服點為3,500公斤/平方公分的冷軋鋼筋，作為受拉及受壓鋼筋砼構件的鋼筋，以及在預應力鋼筋砼中採用計算屈服點為6,500公斤/平方公分的五號鋼冷軋鋼筋。

2. 容許在遵守專門規範的條件下，以點銲、電極弧銲或熔化法碰銲銲接冷軋鋼筋。

上述兩條原則，一方面使人們有可能擴大冷軋鋼筋的應用範圍，另一方面則同時消除了現有關於在鋼筋砼採用這種鋼筋的種種限制。

我國機器製造工業按照著者的設計，大量製造冷軋鋼筋軋軋機的成熟程度，對於冷軋鋼筋能否成功地進入實際應用，亦有影響。

在1948—1951年期間，曾根據科學研究工作的結果擬訂出關於製造及應用鋼筋的指示以及鋼筋的類系。嗣後又在1951年在蘇聯科學院以A.A.巴依科夫為名的冶金研究所參加之下，考查了這種成套冷軋鋼筋軋軋機的兩年多的使用結果和這種鋼筋在鋼筋砼結構中應用的經驗，將上述類系加以修正和改訂。在這些研究所得材料的基礎上，頒佈了關於冷軋變形鋼筋的國定全蘇標準(ГОСТ)6234—52。

關於新型冷軋鋼筋物理-力學性能的第一批研究結果，軋軋機式樣的描述，以及配有新型鋼筋的鋼筋砼構件的初步試驗資料，已在著者所作“用於鋼筋砼結構的變形鋼筋”(機械工業出版社，1949年版)一書中發表。本書即為上述著作的重編和增訂本，書中將更深入地討論關於該種鋼筋各種性能的問題，概述近年來對新型鋼筋和配有該種鋼筋的鋼筋砼構件所作新研究的結果，敘述工業所生產的成套的冷軋鋼筋軋軋機的構造，並列舉建築工程中應用這種鋼筋的技術-經濟指標。

除了著者的研究外,本書也反映了技術科學碩士Г.И. 貝爾第切夫斯基、K.B. 米哈伊洛夫、B. A. 柯伯楚國夫等對冷軋變形鋼筋所作某些研究的結果,並考慮了П.П 巴斯德爾納克教授的寶貴指示。

第一章 变形鋼筋概述

1. 鋼筋与砼的粘着

鋼筋砼結構桿件的承載能力是根据材料達到强度極限状态的条件來確定的: 砼——抗拉、抗压及抗剪極限强度, 而鋼筋——屈服點。對於以具有明顯屈服台階的熱軋低碳軟鋼作为鋼筋的鋼筋砼結構, 根据後一条件較為恰当。为避免在使用荷載下砼內裂紋張開过甚起見, 即使鋼料的物理^① 屈服點或裁定屈服點高於 2,850 公斤/平方公分, 粗条圓鋼筋的計算屈服點通常總是以此值為限。高强度圓鋼及細条圓鋼用於鉚接網及鉚接骨架中時, 其計算屈服點可以定得高一些。

按照“鋼筋砼結構設計標準及技術規範”(ННТУ 3—50), 屈服點不小於 3,000 公斤/平方公分, 而截面積小於 1.1 平方公分的圓鋼筋(軋軋鋼), 得按 3,000 公斤/平方公分的計算屈服點應用於鋼筋砼中。因為細鋼筋具有較大的比表面(從圖 1 中的曲綫圖形可以看出), 這一點就使得鋼筋与砼間的粘着有所保證。對於直徑較大的圓鋼筋, 計算屈服點不應超過 2,850 公斤/平方公分, 其理由已如前述, 就是要避免在鋼筋砼內形成的裂紋張開过甚, 致使鋼筋外露而發生銹蝕。

對於各种不同的結構物, 裂紋的容許尺寸得視其受力情况的不同而異。對於普通標号的砼, 其極限引伸率平均為 1.0×10^{-4} 。第一條裂紋總是在這種引伸時呈現, 而与鋼筋百分率無關。這些裂紋的寬度並未超過 0.005 公厘, 並非肉眼所能看出, 而且通常總是發生在形成能看出的裂紋以前。

在鋼筋砼中裂紋容許寬度的問題上, 存在許多不同的意見, 其

① 當試件的引伸在荷載無顯著增加的情形下增長時, 試件中的應力稱為屈服點。金屬獲得事先規定的殘餘引伸時的應力, 被認為裁定屈服點。

中大部分未能為實驗所充分証實。研究各種外來作用下裂紋寬度影響鋼筋銹蝕的試驗工作，數量也是很有限的。下面列舉有關這一問題的某些研究的主要資料。

檢查一些具有裂紋的在露天(在莫斯科)放置 1 ½ 年的鋼筋砼梁的情況表明，在寬度為 0.2—0.3 公厘的裂紋中，並未在鋼筋上發現銹蝕的形跡。

也有不同的研究工作者，進行過一些試驗室中的實驗，藉以檢驗在鹽水、紫外綫、高溫度(達 100°)、氧氣、人造雨及嚴寒作用下，裂紋寬度對於鋼筋銹蝕的影響。由於外界因素的作用經過人為的加速和增強，可以認為在實驗室條件下三、四個月的時間相當於結構正常使用下的 20~30 年。

也曾有人研究過在自然大氣條件下裂紋寬度對鋼筋銹蝕的影響。在許多研究中，試件保存 10 年後裂紋寬度幾乎全未變化。甚至还發現寬度為 0.1~0.15 公厘左右的裂紋有“愈合”現象，即這些裂紋過些時候會沿其全部深度相當牢固地膠合起來。

在用鹽水試驗時(週期性地浸入 1% 的氯化鈉溶液中歷 5 個月)，在寬度等於及大於 0.3 公厘的裂紋內發現了鋼筋有些銹蝕的形跡，但在較狹的裂縫中並未發現類似的形跡。

實驗的結果得出結論，如果砼很密實時，寬度在 0.2 公厘以內的裂紋，在鋼筋受大氣作用而銹蝕這一方面來說，是並無危險的。就是在密實砼處於侵蝕性介質中的情況下，形成大量細小裂紋亦較形成若干寬裂紋的危險性為小。

在 1936 年第二次國際橋梁及結構會議的報告中，有人建議視鋼筋砼結構使用條件的不同而規定裂紋容許寬度為 0.125, 0.2 及 0.3 公厘，作為設計計算的依據。

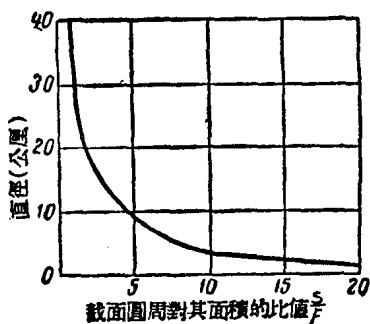


圖 1 圓形鋼筋比表面與其直徑的關係

过去所做的研究,對於鋼筋砼中裂紋開口容許值的問題 还 远 远未得到解决。裂紋宽度對於普通大气条件下鋼筋锈蝕的影响,就 某种程度而言已有了研究,但對於处在侵蝕性介質中的水工、衛生 及他种鋼筋砼結構物,这一問題就很少研究过。

應該注意,裂紋的宽度可能随時間而增加,例如,由於砼 的蠕 变以及換号反復荷載的作用。

增加配筋係數可能是避免鋼筋砼內裂紋發展措施之一,但 是 这样就要引起鋼料的浪費;較為合理的措施就是採用变形鋼 筋 鉚 接網,或對砼預加应力。

在实际应用的、一般配筋率的鋼筋砼結構中,鋼筋被 拉 断,幾 乎從來不是結構破坏的原因,因为鋼筋与砼的粘着力早就減損,或 則在鋼筋应力達到屈服點之前受压區域已告破坏。

在撓曲試驗時對鋼筋砼梁实际性格的觀察表明,鋼筋与 砼 粘 着面上的最大粘着力,發生在撓矩最大的區段(簡支梁的中央 部分)。

粘着面上的应力 随荷載的增加而增長,直至裂縫出現而裂紋 兩边鋼筋与砼的联系開始破坏为止。此种联系的破坏 開始於梁跨 中部,而逐漸向支點方向擴展。出現裂紋時的荷載大小,基本上决 定於受拉區砼達到其極限变形的先後。如所熟知,主要决定於鋼筋 形狀及在較小程度上决定於砼标号的鋼筋与砼的粘着力,影响 着 已出現裂紋的進一步發展。

如果採用高强度鋼料,並为防止砼內裂紋的巨大發展而 同時 增加鋼筋与砼的粘着力,可以在不改变安全係數的条件下加大鋼 筋的計算屈服點。提高鋼筋与砼的粘着力,就能阻滯裂紋的 擴張, 並使人們有可能利用鋼筋鋼的提高了的屈服點。

鋼筋与砼的粘着力的研究,確定了这种現象依从下列一些 因 素的關係:砼的标号,鋼筋兩端的埋置深度,使用情况,結構形式等 等。鋼筋与砼的协同工作是以二者的粘着力為基礎的,这种粘着力 的形成,一方面起因於水泥膠凝体与金屬表面之間的膠合作用,亦 即自由黏着作用,另一方面也是由於砼經机械增实和收縮以致压

緊鋼筋而產生摩擦力的結果。

研究表明，砼作用於鋼筋的輻向壓力是比較小的。儘管砼的強度增長，此種壓力可能因砼的蠕變而大為減小。由此應該認為主要的是粘着力並非摩擦力。裂紋在其出現後的發展，基本上決定於鋼筋與砼的粘着力。這種粘着力當砼標號提高時增加得比較小，但是當鋼筋有懸延曲折的表面時，亦即採用變形鋼筋以及鉚接網或鉚接骨架時，就大為增加。

變形鋼筋在砼中抵抗滑動，遠較圓形鋼筋良好，那是因為鋼筋突出部分楔緊在砼內的原故。研究表明，變形鋼筋在砼內開始滑動（或第一條裂紋出現）時的應力，大致和圓鋼筋相同，但在以後，變形鋼筋抵抗滑動就好得多，而鋼條完全從砼脫開時的外力，還要增高得很多。對於突緣劇烈起伏的鋼條，這種脫窩照例和砼的劈裂或保護層的剝落同時發生。

變形鋼筋的應用，在經濟上是合理的，因為鋼料的強度性能可以提高到採用普通圓鋼時所不能利用的數值。

粗條變形鋼筋可以較圓鋼更為有效地應用於預應力鋼筋砼中。實際上，在作為預應力鋼筋砼一種形態的鉗筋砼中，鋼筋和砼的協同工作，因砼與具有較大比表面的細鋼筋間粘着力足夠巨大而得以保證。根據一系列研究砼的工作，已經確定，當鋼絲的直徑不超過 2.6—2.8 公厘，而砼的標號在 500 號以上時，鋼鉗的自身錨着才有保證。採用細小的鋼鉗，必然要加多結構中所用鋼鉗的根數，因而增加了張拉這些鋼鉗的困難，並使砼的成分選配和拌製工作均趨於複雜。如果鋼鉗根數很多而且密佈，必然需要用細粒卵石或碎石做成流動度很大的砼，而為了拌製標號 500 及 500 以上的砼，將需用大量的高強度水泥。

這樣看來，採用表面充分曲折而足以保證鋼筋在砼內應有錨着作用的粗鋼筋的可能性，將能大大地擴展預應力結構的應用範圍，並顯著地降低砼的標號及其流動性，這樣就可以節減水泥的用量，此外還可以使施工趨於輕便和簡化。

基於上述一切，可以認識到，應用變形鋼筋足以保證：

1) 提高与硷間的粘着力,因而提高受撓及受拉鋼筋硷桿件的抗裂度,結果也就是提高結構的耐久性;

2) 有可能利用强度性能較高的鋼作为鋼筋,這一點就足以節省金屬;

3) 有可能在預应力結構中採用粗鋼筋,毋須在其錨定方面採取特殊的措施,这就根本簡化了这种結構的製造,並免去了像在鉸筋硷中那样採用高强度硷的必要;用变形鋼筋時採用 300 号硷已足够了。

由於应用变形鋼筋的合理性極為明顯,就引起了一項尋求最合適的鋼筋外形的課題,这种鋼筋需在製造方法簡單易行的条件下,無論在其强度特性方面,或是在为保証鋼筋錨定於硷中所需的表面方面,均能滿足对它所提出的要求。

採用經過强化的冷作变形軟鋼,並不像採用高强度鋼筋那样的節省鋼料,但这种鋼比較價格低而容易獲得,並且这种鋼条的应用,为預应力鋼筋硷結構的製造,創造了种种现实的可能条件。

2. 变形鋼筋的品种

应用於鋼筋硷內的种种变形鋼筋,可以分为三个基本類別:

1) 用兩根同样直徑的圓鋼筋,在兩端固定不能互相接近的状态下,經冷狀絞扭後所得的絞結鋼筋(圖 2);由於經過了絞扭,

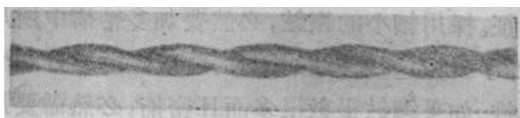


圖 2 絞結鋼筋

每根鋼条的外表纖維均受到了張拉变形,致使鋼料被強化(硬化現象),其時絞結的步愈小,則鋼料的屈服點提高得愈大;

2) 以冷處理對非圓截面鋼条圍繞其縱軸扭轉所得的扭轉鋼筋(圖 3),由於这种冷處理,也可獲得鋼料的強化,其時鋼的屈服點視鋼料性質、截面形狀及扭轉程度的不同可以提高 25—60%;

3) 以熱加工或冷加工方法做成不同花样突緣的鋼筋(圖 4)。

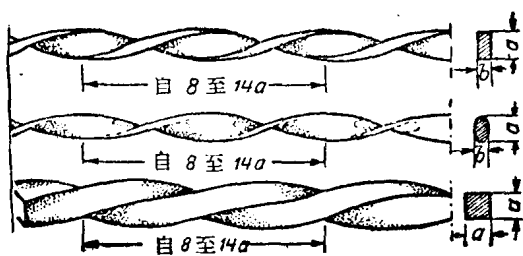


圖 3 扭轉鋼筋的種類

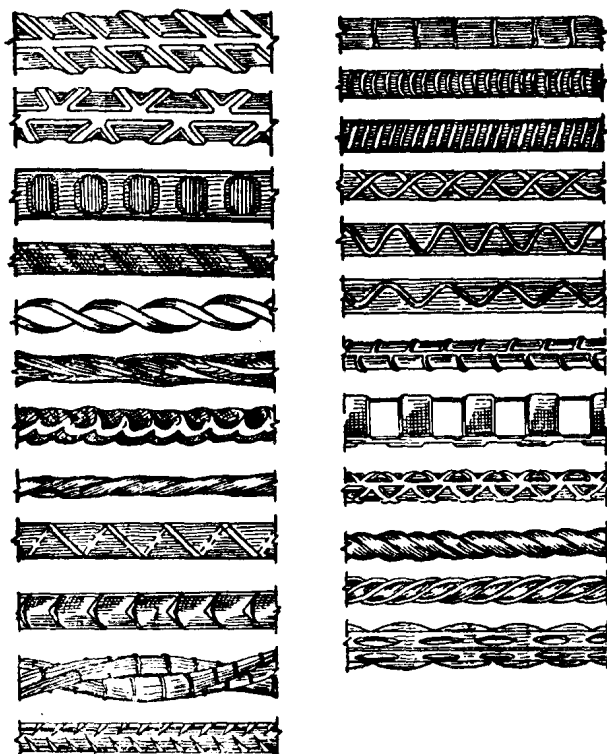


圖 4 鋼筋砧用變形鋼筋的種類

近年來所進行的絞結鋼筋的研究，証明这种鋼筋因經濟-技術指标低而不宜用於鋼筋砼中。絞結後鋼筋的屈服點僅僅提高了20~25%。絞結鋼筋的計算屈服點根据標準規定為3,000公斤/平方公分，亦即較其他各種變形鋼筋為低。為了製造絞結鋼筋，必須將長一倍的單股鋼筋展開並拉直。此外由表1可以看到，絞結鋼筋具有較低的彈性模量和較普通鋼筋大得多的引伸。

鋼筋鋼的彈性塑性特徵

表1

材料形式	彈性模量 (公斤/平方公分)	引伸率(%)	
		到達屈服點時	在屈服台階尽头處
普通鋼筋鋼····	2.1×10^6	1.2	7—30
絞結鋼筋····	1.6×10^6	1.9	60
扭轉鋼筋····	2.05×10^6	2.5	8

絞結鋼筋的主要缺點，就是它的變形率很大，由於這種變形率，鋼筋砼桿件中將形成寬大的裂紋而桿件的剛勁性亦將降低。在絞結鋼筋的拉力試驗中，幾乎一開始就因為鋼筋彼此擠壓而在變形圖上可以觀察到曲線離開比例規律的情形(圖5)。

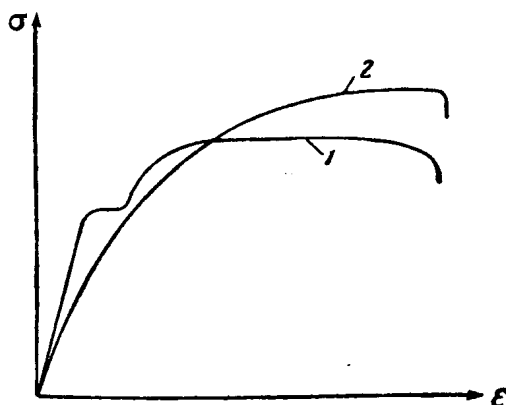


圖5 圓鋼筋1和絞結鋼筋2的變形圖

扭轉鋼筋就沒有上述絞結鋼筋的缺點；扭轉0號鋼及3號鋼

時，扭轉鋼筋的屈服點可以提高到4,000 公斤/平方公分。由於扭轉鋼筋具有綿延曲折的表面，所以和絞結鋼筋相較，可以更好地利用鋼料的高屈服點。但為獲得扭轉鋼筋，需用非圓截面的軟鋼——方鋼、扁鋼或橢圓形鋼。如研究表明，橢圓截面為最好，因為它沒有刻入砧內並促使保護層在鋼料未達 承載能力之前、即行脫落的尖角。

表面上有不同花樣突出部分的變形鋼筋，可以用熱軋法在冶金工廠內按特殊的鋼筋鋼生產過程製造，也可以對普通鋼筋鋼施行冷加工製造。

當然熱軋鋼筋的屈服點與其原鋼相同，因為軋鋼的溫度高於再結晶的溫度，所以鋼料的力學性質幾乎沒有改變。這樣看來，要獲得強度性能較高的熱軋變形鋼筋，就必須採用具有較高強度特性的原鋼。例如要獲得物理屈服點為3,500 公斤/平方公分的鋼筋鋼，就應採用含碳量較3 號鋼或0 號鋼稍多的鋼料。托馬斯鋼及柏塞麥鋼也可以用作熱軋鋼條，這兩種鋼的屈服點及極限強度遠較同號馬丁鋼為高，這一點可從這些鋼的特性中看出（圖6）。此外，

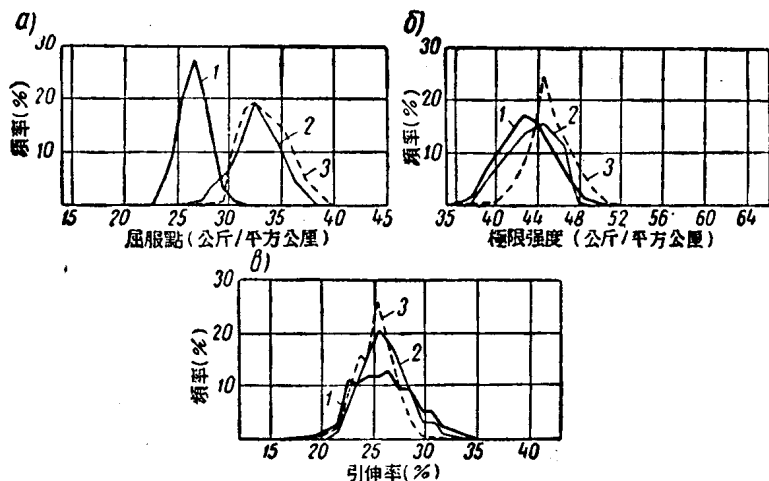


圖6 3 號馬丁鋼(1), 柏塞麥鋼(2)及托馬斯鋼(3)的特性

a—屈服點分佈曲綫; b—極限強度分佈曲綫; c—引伸率分佈曲綫

低合金鋼及碳鋼也適合作熱軋鋼條之用。

同样也可以对軟鋼施行冷处理來提高鋼筋的强度性質,处理的結果可使鋼料強化(獲得冷鍛硬度)。

为獲得強化变形鋼筋而对鋼料施行冷作变形的各种可能方法中,最可取的方法就是軋軋法。这种方法,如圖7及圖8所示,能够保證最大的漸進变形作用,較好地保持鋼的塑性性質和内部結構的各向同一性。因为在軋軋時無論在軋軋軸的縱向或橫向,鋼料同時在变形。後一情况極為重要,因为以軸向張拉鋼条(强拉、扭轉、抽拔)的方法得到的強化,不能在反向力(受压)作用下加以利用。這一點可以說明,為什麼按照標準經冷作加工的鋼筋的計算屈服點僅在鋼筋受拉時允許提高,而鋼筋受反向应力時,仍定为鋼料原有屈服點的數值。但如鋼筋不但在其縱向而且也在其橫向均有冷作变形,而且如果強化作用不僅是軸向張拉的結果,那末可以認為,提高的計算屈服點也可適用於受压鋼筋。這一點可以說明如下:金屬塑性变形的各种方法,是以不同程度影响於金屬晶体的形狀及其大小的變更以及它們相互位置的。

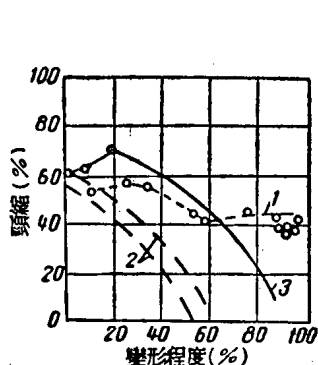


圖7 以不同方法冷作加工時金屬变形能力的变化
1—軋軋時; 2—張拉時; 3—抽拔時

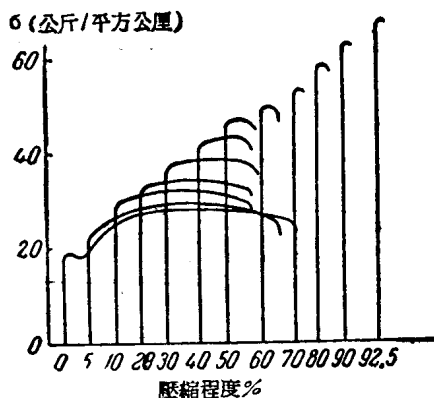


圖8 冷軋壓縮程度對試驗圖形性質的影响

在一系列研究中看出,金屬因变形程度不同而有各种变化。在变形程度較小時發生的僅是晶体的破碎;当变形較大時,則金屬的