

鋼筋冷拉加工

鄭大偉編著

建築工程出版社

鋼筋冷拉加工

鄭大偉編著

建筑工程出版社出版

• 1958 •

內 容 提 要

本文作者根据其在所在建筑单位钢筋冷拉加工方面的实践结果与试验资料,对钢筋冷拉加工进行了比较系统的理论分析;对当前国内所用的两种方法及已发表的有关这方面文章中的某些方面提出了不同的见解;并提出依据新理论确定钢筋冷拉加工规范的原则,以及如何选择与改进冷拉设备等意见。

采取冷拉加工是节约钢材的一个简易可行的先进经验,本书所提出的新方法是具有实际意义的,它可供施工、设计技术人员及高等、中等土木建筑工程院校学生参考。

鋼 筋 冷 拉 加 工

鄭 大 偉 編 著

*

建筑工程出版社出版 (北京市阜成門外南土廠)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第053号)

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號751 43千字 787×1092⁻¹ / 32 印張 2³ / 16 插頁 1

1953年1月第1版 1953年1月第1次印刷

印數:1—1,850册 定價(11)0.50元

目 录

前 言	(5)
一、鋼筋冷加工的塑性变形	(7)
(一) 金屬塑性变形理論簡介	(7)
(二) 冷作塑性变形对金屬性質的影响	(8)
(三) 主应力与主应变状态对塑性变形的影响	(10)
二、鋼筋冷拉加工时几种应力状态的分析	(12)
(一) 鋼筋全长的变形规律及应力分布	(12)
(二) 第一种残余应力的形成	(16)
(三) 夾具形式对冷拉鋼筋的影响	(19)
(四) 热轧规律变形鋼筋冷拉加工的特点	(22)
三、加工拉长率与抗拉强度的关系	(26)
四、加工拉长率与塑性指数的关系	(33)
五、鋼筋冷拉加工后的时效作用	(37)
六、鋼筋冷拉加工的拉长率	(45)
(一) 对目前所采用的拉长率的见解	(45)
(二) 合理的加工拉长率	(48)
七、对“鋼筋冷拉技术操作試行规程”的意见	(49)
(一) 按設計屈伏强度决定加工程度問題	(49)
(二) 控制荷重升高高度問題	(51)
八、对按拉长率控制鋼筋冷拉加工程度的意见	(54)
九、建議以新方法控制冷拉加工程度	(55)
(一) 按鋼筋塑性指数確定合理的冷拉加工程度	(55)
(二) 新方法的运用	(57)

(三) 案例.....	(59)
(四) 結語.....	(62)
十、冷拉加工設備方面的几个主要問題.....	(63)
(一) 張拉設備.....	(63)
(二) 控制荷重裝置.....	(66)
(三) 夾具.....	(68)

前 言

在建筑工程中合理地节约鋼材对国民經济是具有重大意义的。

苏联及許多国家的建設經驗表明,采用高效能鋼筋,如热轧规律变形鋼筋、冷加工鋼筋及高强度鋼絲等 是达到上述目的的有效措施。但我国目前的热轧变 形鋼筋产量还少,質量不高,还不能适应当前国家建設的要求,而高强度鋼絲一般又只适宜在予应力鋼筋混凝土工程中大量使用,因此就有必要广泛利用原建筑鋼筋进行冷拉伸或冷軋压加工,使其强度提高,合理地延增长度以降低鋼材的消耗和滿足各 施工单位的需要。

冷拉鋼筋是根据苏联Л.Б.米特卡尔茨于 1945 年的倡議而开始采用的。我国从1955年才正式使用。它在技术与經济效果上虽不如冷軋变形鋼筋,但却具有几个很实际的优点:如加工的机械設備简单,来源容易,操作簡便,加工成本低,加工后的鋼筋机械性能尚能滿足設計要求等等。这些优点便决定了它在今后較长时期內,在我国的鋼筋冷加工領域中占据一定地位,事实上目前极大多数的建筑现场均已广泛应用这种加工方法。

虽然冷拉加工是金屬压力加工中一种最簡單的变形方式,但由于在冶金及机械工业中极少利用它做为金屬变形的生产手段,所以对于冷拉加工中一些具体問題研究資料很少,尤其是像建筑工地所用的冷拉方法則显得更为缺乏。

在这种情况下,建筑工程部建筑科学研究院及其他有关单位曾先后提出了不少的試驗研究总结資料,对冷拉鋼筋这一措施的推行起了一定作用。

北京市建筑工程局所屬第四建筑工程公司为了进一步掌握和学习这一先进經驗,今年里也做了一些試驗研究工作。本文便是作者根据这些試驗資料并搜集了部分参考文献提出来的。作者试图在这些資料的基础上,对鋼筋冷拉加工的几个主要方面提出一些不成熟的见解和改变原有操作方法的建議,以供大家研究。

由于試驗条件及作者理論水平的限制,在本文中不免有片面与錯誤之处,希讀者指正。

一、鋼筋冷加工的塑性變形

(一) 金屬塑性變形理論簡介

金屬的變形包括有彈性的及永久的兩種，永久變形又可分為塑性的和流動的變形。這些變形與力的作用是分不開的。

按一般說法，在單位橫斷面積上互相作用的內力稱為應力。通常這力並不垂直於斷面層上，所以該力又可分解為兩個分應力：正應力 σ_n 及剪應力 σ_s （圖1）。這兩個不同的分應力，對金屬的變形作用是不同的。

在金屬受到作用力之後，當這個作用力所引起的正應力尚未超過原子間結合力，同時由這力所引起的剪應力亦未達到使滑動層沿滑移面或晶界粒沿晶面開始移動的一定數值時^①，物體所產生的變形便是彈性變形。

當作用力繼續增大，就可能出现下列兩種不同的情形：

1. 隨着作用力的增大，如果正應力首先達到臨界值，金

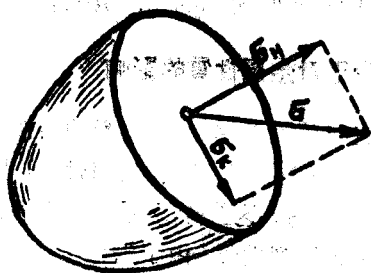


圖1 正應力與剪應力

屬會不經塑性變形階段而直接破裂。不過這種情形一般是不會有的，只有當物體各个方面受到同號的壓縮應力狀態時才可能發生。

2. 隨作用力的增大，如果剪應力首先達到最初臨界剪應力值時，滑

动层与晶粒(主要是滑动层)便要开始顺序地进行滑移运动(也可能按其他形式运动,但仍以滑移形式为主)。滑移时,会由于下述三个主要原因,在物体內发生与这些原因相对应的、在本范围内相互平衡的第一、二、三种副应力。

- (1) 物体各部分变形不一致;
- (2) 各晶粒强度不均而使变形强度不同;
- (3) 原子晶格被扭曲。

当造成变形的外力除去时,物体的弹性变形便随着基本应力的消失而消除,可是由变形引起的副应力,因为它们彼此自行平衡,并不与外力发生关系,它们会随外力的消失保留在物体內变成第一、二、三种残余应力。这些残余应力的存在,维持了物体的残余变形,残余变形亦即塑性变形。

在金属受热超过一定温度后,上述各种残余应力会随温度的增高、时间的延續而逐渐消除,但在消除的同时,金属內經加工变形的晶粒形状也因温度增高,而随时间在不断地改变,其結果便使塑性变形后金属的外状不致由于残余应力的消失而恢复原状。

由此可知,只有剪应力才能造成金属塑性变形,与最初临界剪应力相对应的全应力值即是我们所称的比例极限值。

(二) 冷作塑性变形对金属性质的影响

前面已经講到,在塑性变形条件下,会有許多滑动层按先后次序进行位移运动。它们的每个位移,都会引起晶格扭曲,并在晶面上产生大量极微小的碎屑,这些碎屑能联結成强大的移动障碍体,因而使这个晶面得到增强。由于增强了,滑移便要停止在这个面上。当繼續增大外力,滑移就轉移到次一面上,并在这里同样激起增强之后,随外力加大滑移又轉到第

三个面上。依此类推,金属的变形抗力便得到不断地提高。

除此以外,在滑移过程中,金属内部还有下面各项的组织变化(见图2):

(1) 滑移晶面的倾角随变形而改变,使与全应力(σ_m)相对应的剪分应力随着它的改变而由最大值逐渐降低;

(2) 晶粒被拉长而减少晶粒垂直于拉伸方向的剖面面积,增加了变形困难的区域;

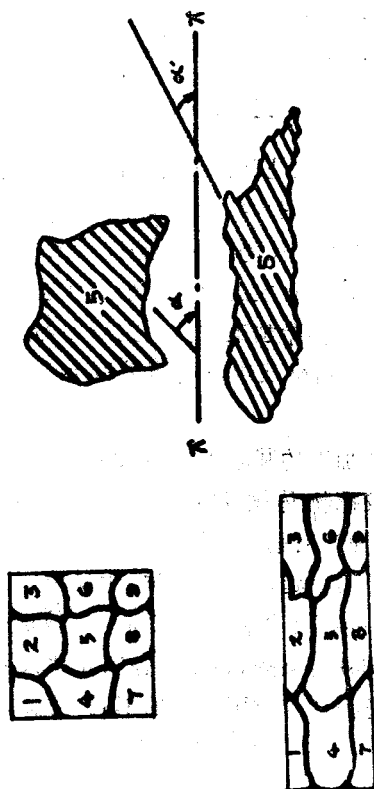


图2 金属塑性变形时晶粒形状变化图

(3) 晶粒的方位愈趋一致,逐渐提高了第二种副应力的发生数值;

(4) 减少了組織的不均匀性;

(5) 雜質的扩散。

这五种变化也是提高金屬变形抗力的极积因素。

金屬变形抗力提高,意味着机械指数的比例极限、屈伏强度及硬度的增长以及塑性降低。

金屬冷作变形后,其密度是要减小的,密度减小空隙增大便降低了金屬的导热性,使电阻及保磁性增加。

(三) 主应力与主形变状态对塑性变形的影响

冷拔、冷轧与冷拉是三种具有共同点、但同时也有不同点的鋼筋加工方法。它們的共同点是都能使晶粒在冷状态下塑性变形,达到金屬外状及物理力学等性能改变的目的。它們的不同点却是由冷加工时主应力与主形变状态的不同所决定。

图 3 便是这三种冷加工方法的主应力与主形变状态图,由图例看出冷拔、冷轧及冷拉鋼筋之間存在着以下三个主要特点:

(1) 拉伸加工的基本主应力是綫应力状态,这种应力状态是最不易发揮物体塑性的,所以它的加工程度远不如冷拔和冷轧加工,加工后鋼筋抗拉强度的最大提高值也較低。

(2) 拉伸与拔延加工对晶粒所引起的主形变全部沿着一个軸向进行,这便使金屬内原来排列方位很紊乱的晶粒趋于整齐。晶粒排列愈整齐,金屬的各向异性表现得愈明显^②,結果造成了抗拉强度与抗压强度的不同,两值相差很大。

冷轧鋼筋則不然,它的主形变是按照最小阻力定律沿各个方向进行的。

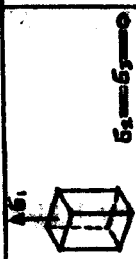
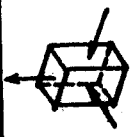
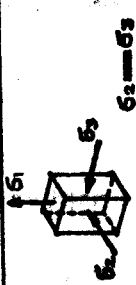
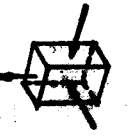
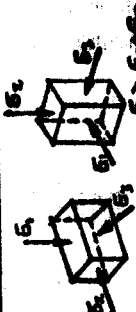
加工方法	基本应力与应变图		说明
	基本主应力状态图	主形变状态图	
拉 伸			纯拉伸的应力状态。
拉 压			拉伸与压缩兼有的应力状态。 σ_1 与 σ_3 为拉应力， σ_2 为压应力。
轧 压			周期性的同号立体应力状态。 σ_1 为轧辊对金属的摩擦压应力， σ_2 为过辊区对变形区的挤压应力。

图 3 三种冷加工的主应力与主应变状态图

(3) 冷軋加工的最大主應力是在兩個軸向上成規律地轉換，因而鋼筋的截面也成規律而強烈地在兩個軸向上變形。當這種鋼筋受到外力作用時，其應力流綫必然畸變，應力集中程度顯明，這就使得冷軋鋼筋的破壞要近似於脆性斷裂。

上述特點說明了：

(1) 塑性並非物質的本性，僅是與物質的種類形狀、變形方式及條件(溫度與速度)有關的物質狀態而已；

(2) 金屬變形後的一些特性與變形時的主變形狀態有關。

① 晶粒是由許多按一定晶格排列的原子堆積成為，在原子堆里有許多原子排列密度最大的、相互平行的原子組層。在力的作用下，如果晶粒恰處於一定應力矢量時，這些組層便要進行滑移，因而被稱為滑動層。

滑動層滑移時所沿的面叫做滑移面。

晶粒與晶粒之間的接觸面叫晶界面。

② 晶體各個方面的物理力學性能不同叫做各向異性，這是結晶體的特點之一。

未經冷拉伸或冷拔延加工變形的鋼筋，其各項異性之所以不明顯，是因晶粒排列方向紊亂而被中和之故。

二、鋼筋冷拉加工時幾種應力狀態的分析

(一) 鋼筋全長的變形規律及應力分布

鋼筋的變形規律與應力分布有密切關係，是不能截然分開來談的。

在建築工程部建築科學研究所提出的鋼筋冷拉試驗研

究总结中曾指出：“钢筋经冷拉后，在全部长度上，其提高后的流限数值是一致的，并无高低不匀等现象”。

但是事实并不如此，我们曾在不同规格、用不同拉长率冷拉钢筋中从两端（固定端与张拉端）及中部取试件做了试验，结果如表 1 所示：在一般情况下，经冷拉及时效作用后，钢筋各个部位的流限强度是不均的。

为了从理论上说明这种现象的存在以及钢筋塑性变形的规律，可从下面三个方面来加以分析：

1. 冷拉加工时工作状态的影响。众所周知，冷拉钢筋的加工方法是把钢筋的两端分别固定在控制荷重与拉伸设备的夹具上，然后进行张拉。张拉时，钢筋便形成如图 4 的柔索状态。

为了简明起见，可借用材料力学中的公式，来比较钢筋中部与端部的力 H 和 T 值。通过这两个值的比较，便可了解钢筋全长的变形规律及内力分布情况了。

按力矩平衡方程式，并假定钢筋自重是沿水平轴线均

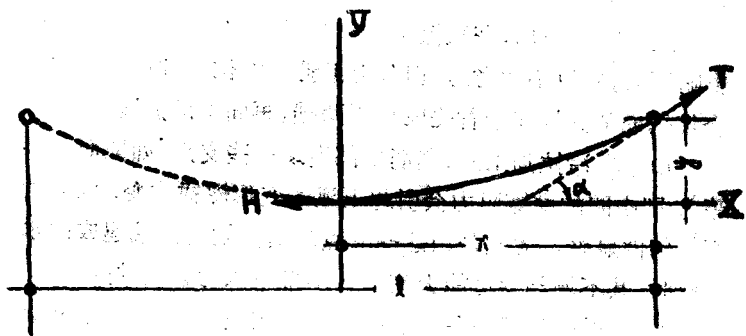


图 4 冷拉加工时钢筋的工作状态图

布,則

$$H = \frac{qx^2}{2y} = \frac{q_1^2}{8y} \dots\dots\dots (1)$$

式中 q 为鋼筋单位长度的重量。

由于

$$y = \frac{qx^2}{2H}$$

故曲綫在端部的切綫斜率

$$\tan \alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{qx}{H} \dots\dots\dots (2)$$

把所有外力在 x 軸上的投影和为零,則可求出

$$T = \frac{H}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (3)$$

可见,从鋼筋中部到端部,力 T 是逐漸增大并一定大于 H 值的。

假使鋼筋全长的截面是一致,端部的应力便要大于中部,因而造成应力不均。

这种应力不均,在数值上虽极其微小,对流限值的_{不一致}影响不大,可以不予考虑,但是对滑动层的位移却很有影响,会使鋼筋的塑性变形首先发生于两端,再向中部扩展。

如果在冷拉加工时,鋼筋中部出现一些支点(如地面不平_等),則中間的摩擦阻力会引起上述的变形规律改变,应力的不均匀性显著。尤其是当这些支点高出由鋼筋两端連成的水平綫时,其不均匀性可能大到令人不得不去考虑的程度。

2. 鋼筋断面积不一致的影响。事实上,鋼筋全长的断面积是不一致的,偏差率約为 5 %。既然鋼筋截面不均,在拉伸鋼筋时,断面偏小地方的真应力值就一定大于断面偏大的地

方。这不但使断面小的地方先开始塑变,并且伸长率也大于其他地方。

虽然鋼筋經冷拉加工变形后的强度值,一般仍按变形前的规格断面进行計算,但这只能对冷拉而未經自然或人工时效作用的鋼筋强度才起不受断面不匀的影响作用。致于經冷拉及时效作用后的鋼筋則不然,各部分眞应力不同所引起各部分伸长率的不同,会因时效速度与加工伸长率(变形程度)之間关系的影响,使鋼筋全长各处流限数值不一致。

3. 鋼筋內部組織不均匀的影响。可以肯定,一根鋼筋的內部組織是不均匀的,它主要表现在多晶体金屬的每一部位內包含有适于滑移方位的晶粒数量的不同。

在极端情况下,最适于滑移方位的晶粒,其滑移面与作用力是成 45° 的。相反,最不适于滑移方位的晶粒,其滑移面与作用力成 0° 或 90° 。显而易见,鋼筋內部的这种組織不均匀性,会造成这样的后果:具有适宜滑移方位的晶粒数量較多的地方,其变形抗力必然小于具有适宜滑移方位的晶粒数量較少的地方。

在同一外力作用下,变形抗力低的地方,其伸长率一定大于变形抗力高的地方,所以也同样要招致鋼筋全长流限数值的不同。

这种組織不均匀性,不是任何冷加工方法都可能招致同样程度的上述后果。可以說它对冷拉加工的影响就不是很大的,这与主形变状态有关系。

实验也証明了冷拉加工时鋼筋各部位的伸长率一般是不一样的,相差程度见表2。

因此可以認為:

(1) 鋼筋經冷拉及时效作用后,在它全部长度上的流限

冷拉鋼筋时效作用后各部位的抗拉强度 单位 kg/cm^2 表一

直 徑	拉 長 率 %			0	4	5	5.5	6	6.5	7	8	9
	部 位											
$\phi 6mm$	中		部	3110	4040	4100	—	4480	4340	4910	—	—
	荷	重	端	3285	3920	4100	—	4520	4470	5115	—	—
	張	拉	端	3360	3910	4150	—	4530	4200	4940	—	—
$\phi 9mm$	中		部	2360	3800	3690	3610	3770	3770	4020	3930	4100
	荷	重	端	2830	3790	3770	3600	3690	3610	3630	3930	4290
	張	拉	端	2755	3770	3800	3610	3610	3690	3770	3930	4090
$\phi 10mm$	中		部	2738	—	3950	—	3760	—	3820	3870	—
	荷	重	端	2800	—	4010	—	2800	—	3830	3870	—
	張	拉	端	2660	—	3950	—	3820	—	3900	3870	—
$\phi 12mm$	中		部	3090	—	3940	2870	3800	4160	4510	4510	4230
	荷	重	端	2780	—	3660	3020	3900	4170	4590	4550	4290
	張	拉	端	3000	—	3940	3020	3870	4240	4510	4520	4290

数值通常是不一致的,偏差率在 5 % 左右。

(2) 鋼筋的变形是首先发生在应力最大的地方,然后向外扩展。经过一定时间之后,塑变便沿鋼筋全长成规律地跳动、交替进行。

(二) 第一种残余应力的形成

残余应力可分为三种:

- (1) 在整个物体范围内平衡的第一种残余应力;
- (2) 在一个晶粒范围内平衡的第二种残余应力;
- (3) 在一个晶格内平衡的第三种残余应力。

残余应力既然是随副应力的发生而存在,故副应力也如残余应力一样分为三种。

无论采用那一种加工方法,对于第二、三种副应力的发