

鋼筋的冷拔加工 及其應用

潘長年 編著

建築工程出版社

鋼筋的冷拔加工及其應用

潘長年 編著

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本書比較系統地介紹了鋼筋冷拔的知識。內容包括鋼筋冷拔的一般原理，冷拔鋼筋的加工方法和設備，施工組織，冷拔鋼筋的物理力學性能及質量標準，以及冷拔鋼筋的應用及其經濟價值。

本書可供各施工單位的工程技術人員及工長參考。

鋼筋的冷拔加工及其應用

潘長年 編著

編輯：艾富德

設計：丁顯達

1959年3月第1版

1959年3月第1次印刷

5,060冊

787×1092¹/₂₅ 112千字

印張5²/₂₅·插頁

·定價(9)0.57元

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號：1437

建築工程出版社出版（北京市西郊百萬莊）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052號）

前 言

在建筑工程中节约鋼材是具有头等重要意义的，簡易而有效地节约鋼筋的方法，系采用冷加工处理，以提高鋼筋的设计强度，从而达到减少鋼筋用量的目的。

冷拔鋼筋是冷加工中效率最高的一种，由于鋼筋在冷拔时除受張力外还受到横向挤压力，故冷拔后鋼筋的受拉、受压計算强度相同。上海市第一建筑工程公司从去年起就开始使用冷拔鋼筋，証明其性能是合乎苏联国家标准 (ГОСТ 6727-53) 的要求。

在預加应力鋼筋混凝土結構中，我国目前尚不能大量生产 25ГC 低合金鋼及 АНП-2 号鋼筋，以应工程需要。因此，目前可以冷拔中、低炭鋼絲代替預加应力鋼筋混凝土結構中的高强度鋼絲。

笔者在籌划所在公司冷拔工作前，曾在上海有关拉絲厂实習了一个时期。因此本書取材于笔者所接触的实际生产与应用体会。为了叙述較完整起見，并参考了一部份与本題有关的苏联先进資料及国内各兄弟單位的先进經驗，以供讀者使用时参考。

在实習期中承上海市源鑫拉絲厂及王福釘厂的领导、技术人員和工人同志热心指导与帮助，謹在此致以衷心的感謝！

由于笔者水平低、經驗少，又由于所担負的工作的局限性，沒有更多的机会学习与搜集各單位的材料，故疏忽和錯誤之处，在所难免，热誠地希望讀者提出宝贵的批評与指正。

潘長年于上海

1958年8月

目 录

一、低炭鋼的性能	6
1. 鋼筋受拉之物理力学性能	6
2. 鋼筋化学成分和結構組織对其性能及冷拔加工的影响	7
二、鋼筋冷拔的一般原理	9
1. 冷拔的概念	9
2. 鋼筋在拔絲模孔內的塑性变形	10
3. 变形强化和时效强化的原因	11
4. 鋼筋冷拔前后体积不变	11
5. 引拔力的計算	12
三、冷拔鋼筋的加工方法	16
1. 除 锈	16
2. 酸 洗	20
3. 沾石灰漿	27
4. 干 燥	29
5. 軋 头	30
6. 拔 絲	33
7. 接、 头	43
8. 調 直	46
四、冷拔鋼筋的物理力学性能、質量标准、 驗收及保管	52
1. 物理力学性能	52
2. 質量标准	57
3. 驗收及保管	58
五、冷拔鋼筋的应用	59
1. 普通鋼筋混凝土結構中的应用	59
2. 預加应力鋼筋混凝土結構的应用	66
3. 用冷拔鋼筋作焊接網和焊接骨架的应用	67

六、生产組織、技术安全及經濟效果	102
1. 生产組織	102
2. 技术安全措施	108
3. 經濟效果	109
附录 I 鋼絲截面面积及重量	112
附录 II 圓鋼筋的截面面积及重量	113
附录 III 各种鋼筋換算表	114
附录 IV 焊接網的分类	122
附录 V 焊接網及焊接骨架的設計資料	124
附录 VI 冷拔鋼筋十字交叉焊接处的抗剪試驗	124
参考資料	127

一、低碳鋼的性能

1. 鋼筋受拉之物理力学性能

普通鋼筋混凝土的鋼材大都采用含碳量为0.2%以下的尤3号、尤0号的軟鋼及無标号鋼，这些鋼材具有不太高的强度極限，但有很大的塑性。

低碳鋼受拉时的应力应变曲綫如圖 1-1 中 $oabcde$ 曲綫所示。

圖中 a 点的应力为比例極限， b 点的应力为鋼的流限， bc 为鋼的流幅， d 点的应力为鋼的强度極限。

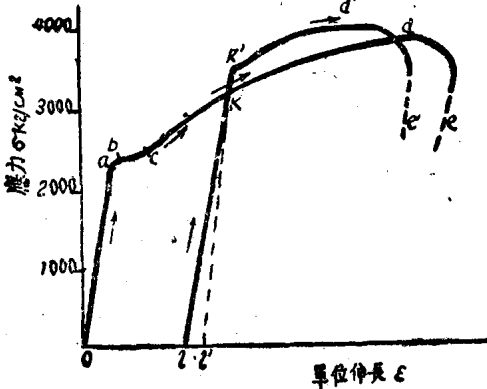


圖 1-1 軟鋼受拉圖形

当鋼筋受拉时，应力超过比例極限 a 以后，鋼筋的伸長比应力增長快得多。如超过流限后的任意点 k 时卸去荷載，則鋼筋得到永久变形 ol (ll' 是彈性变形)，休息一段時間重新加荷时，应力应变曲綫与 lk 相重合，流幅的起

点不在原点的 b 点而在較高的 k 点。此时又出現新的流幅，这种鋼在引起塑性变形的力的加工作用下，鋼的流限及硬度提高了，塑性与韌性降低了，这种現象称为“变形硬化”。

冷硬过的鋼的新流限，經過一段時間后，由于鋼筋的时效硬化而自动地增加，强度極限也有所提高， $kk'd'e'$ 曲綫的横坐标比 kde 曲綫的横坐标短一些。这說明鋼筋經過时效硬化后，鋼的塑性区域变小了，鋼的性質也变脆了一些。

冷拔鋼筋就是利用这些特性，提高鋼的流限及極限强度，以节约鋼材。

根据試驗資料，中炭鋼亦具有这个特性，6公厘的中炭鋼經過冷拔至2.8公厘后，抗拉極限强度可达14,300公斤/平方公分左右。因此冷拔鋼筋亦可以在預应力鋼筋混凝土中代替高强度鋼絲。

2. 鋼筋化学成分和結構組織对其性能及冷拔加工的影响

鋼筋本身的化学成分、內部構造等对冷拔鋼筋的質量有很大的影响。如果鋼筋綫胚的質量不合格，即使用最好的冷拔方法也不能保証冷拔鋼筋的机械性質符合要求。

一般冷拔加工的鋼筋要求如下：

①鋼筋要具有很高的可塑性，以利引拔。
②鋼筋具有很高的純潔度，即所含气体，渣灰及有害雜質均少。

③結晶体的組織均匀，晶粒的大小适中，具有高度可塑性的長纖維材料（由較粗晶粒鋼所取得的，但过粗晶粒的鋼，在冷拔时会造成不均匀的变形，并易造成裂口）。

④沒有偏析現象，鋼的偏析現象即是金屬雜質和非金屬雜質被集中在金屬最后凝固部份而形成。

上海一般盤元鋼筋的化学成分如表1-1所示。

6公厘盤元鋼筋化学成分

表 1-1

直 徑 (公厘)	含 量 (%)					备 註
	碳 (C)	錳 (Mn)	硅 (Si)	磷 (P)	硫 (S)	
6	0.14	0.49	0.10	0.0111	0.040	允0号鋼
8	0.13	0.43	0.030	0.023	0.020	允0号鋼
9	0.15	0.45	0.041	0.010	0.028	允3号鋼

各种化学成分对鋼的質量及冷拔的影响分述如下。

碳 (C)

鋼中含碳量愈多，鋼的强度及硬度也愈大。但引拔时，鋼筋相对压缩率和相对伸長率則愈小。鋼的机械性質的变化和其含碳的关系如圖1-2所示。

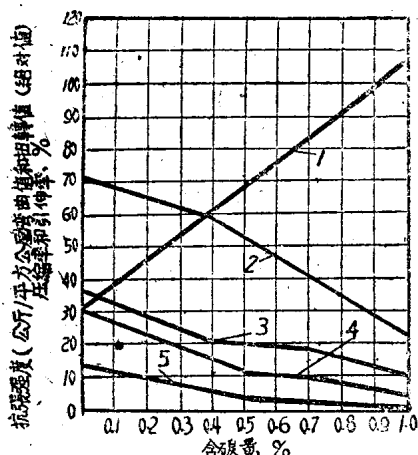


圖 1-2 直徑5.20公厘綫坯的機械性質和含碳量的关系

- 1—抗張強度極限；2—相對壓縮率；
3—相對伸長率；4—破壞前的扭轉次數；
5—破壞前的彎曲次數

硅(Si)

鋼中加入硅素，可獲得完全脫氧的、均勻的、高強度和高彈性極限的鋼。當含硅量增加0.1%時，鋼的抗張強度即可增加1.4公斤/平方公分，彈性模量亦有所增加。

磷(P)

鋼中磷素每增加0.01%時，約可提高抗張強度極限0.7公斤/平方公分。磷也可提高彈性極限，但它使鋼筋的引拔性惡化，因為磷在鋼內增加了偏析趨勢，在冷拔時產生了不均勻的變形，并使鋼筋的酸洗工作增加了困難。

硫(S)

硫在鋼中增強了偏析作用，并導致鋼筋產生熱脆性，故它是有害的雜質，對鋼筋的冷拔是不利的。

錳(Mn)

鋼中加入錳素后，可減少氧化物雜質。鋼內即使有少量氧化鐵雜質(0.1~0.2%)，但在冷拔時也易使鋼筋產生裂紋。同時鋼內有硫化錳(MnS)的存在，正是表現鋼內硫化鐵(FeS)含量減低，這對冷拔是有利的。因為硫化鐵(FeS)雜質使鋼筋難于冷變形。

錳能增加冷拔鋼筋的抗張強度極限。根據蘇聯B.Я.米波夫的研究，含錳量在0.9%以下，不能明顯地看出它對冷拔鋼筋的韌性有不良影響，如圖1-3所示。

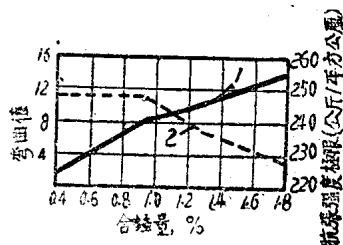


圖 1-3 錳對抗張強度極限

和破壞前的彎曲次數的影響：鋼絲直徑為1.6公厘，壓縮率為92%，鋼的含碳量為0.72%

- 1—抗張強度極限；2—彎曲次數

二、鋼筋冷拔的一般原理

1. 冷拔的概念

鋼筋冷拔的方法，就是鋼筋通過如圖 2-1 的金屬拔絲模孔，而拔成較細的鋼筋。在冷拔過程中，鋼筋因受到拉力和壓力的作用而發生變形，截面積減小。作用在被引拔鋼筋一端的拉力 P 叫做引拔力，引拔力的一部份是用以克服鋼筋內部的變形阻力，另一部份是用以克服被引拔鋼筋與拔絲孔之間的摩擦力。

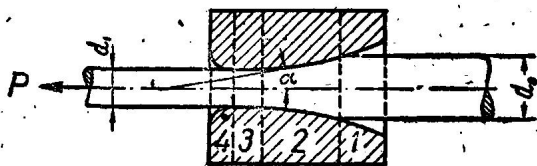


圖 2-1 冷拔鋼筋示意圖

冷拔時鋼筋中的應力超過流限，小於極限強度。

鋼是一種微細晶體的結合體，各晶粒之間的聯系可阻止其相互移動。當用外力 P 冷拔時，鋼筋內部所產生的變形阻力，就是因破壞或改變各晶粒之間的聯系而產生的。

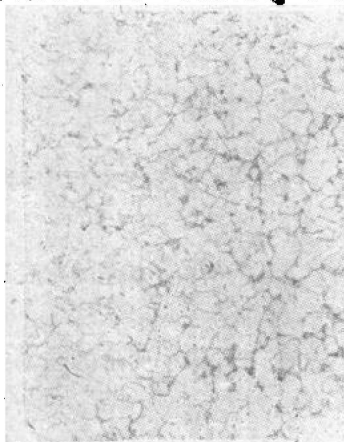


圖 2-2 鋼筋冷拔前縱向之顯微組織（硝酸酒精溶液侵蝕 300 X）

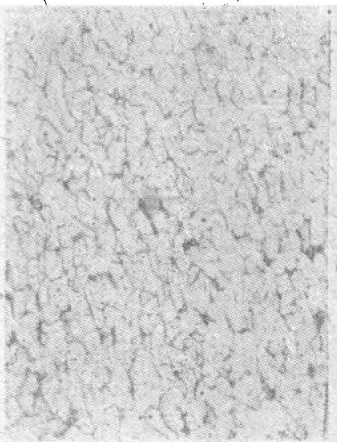
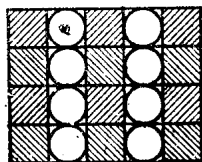


圖 2-3 鋼筋冷拔後縱向之顯微組織（硝酸酒精溶液侵蝕 300 X）

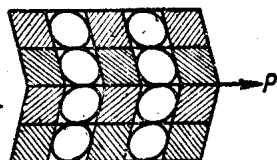
鋼筋在冷拔前后的显微組織見圖 2-2 及 2-3 所示。尤 0 号鋼筋組織為鐵素体和少量珠光体。在冷拔前鋼筋內鐵素体之顆粒大分佈不甚均勻，而冷拔后鋼筋中鐵素体已作显著之變形。

2. 鋼筋在拔絲模孔內的塑性變形

鋼筋在金屬拔絲模孔中被引拔時，當作用力超過鋼筋的彈性限度，便發生塑性變形。塑性變形就是晶粒沿着結晶面互相滑動，晶粒被拉長，而且晶體間也發生質點的相對轉動，使原來是球體的晶粒變成橢圓體的晶粒。如圖 2-4 所示。



a) 冷拔前鋼筋的質點示意圖



b) 冷拔后鋼筋的質點變形示意圖

圖 2-4 冷拔前后鋼筋的質點示意圖

冷拔鋼筋時只有中心部份是純粹的張力變形，位於中心以外的任何層內的分子，除受張力變形之外，還受到附加的剪力變形，且愈靠表面層，剪力變形值愈大。鋼筋通過拔絲模孔時還受到彎曲變形，纖維與鋼筋中心綫的距離愈遠，其彎曲變形值愈大。總之鋼筋在拔絲模孔內沿直徑的總變形，包括張力變形、附加剪力變形和彎曲變形，如圖 2-6 所示。

當鋼筋表面的摩擦係數愈小，則最大變形與最小變形的差別亦愈小。

橢圓體晶粒的長軸和引拔方向鋼筋的中心綫之間構成一個角度，角頂是朝着拉力的方向。

由於鋼筋與拔絲模孔之間有摩擦力的存在，使得鋼筋截面發生不均勻的變形，表層通過模孔的速度較內層為慢。而實際上鋼筋又是一個統一體，內外層通過模孔的速度必須一致，結果鋼筋表層產生了附加張應力，內層產生了附加壓縮力，如圖 2-5 所示。

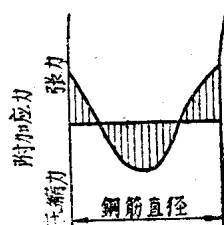


圖 2-5 引拔時產生的附加應力圖

3. 变形强化和时效强化的原因

冷拔时随着钢筋的逐渐变形，为获得进一步变形的阻力将愈来愈大，也就是说随着引拔力及拔丝模孔对钢筋的横向挤压力的增加，钢筋本身受拉、受压的强度也随之提高。但因剪应力的减少，则塑性区域减小，延伸率亦随之降低了。

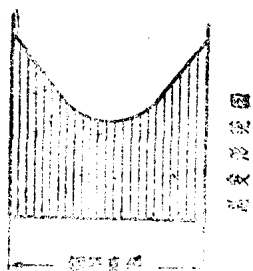


圖 2-6 沿鋼筋直徑的
總變形圖

时效强化是因钢筋冷拔产生塑性变形的当时，晶粒的转动，结晶面的互相移动是不稳定的，它有恢复原状的摆动，经过一段时间后，椭圆体的最大轴与钢筋中心线所成的角度就稳定了，因而强度可增高一些。同时结晶面互相移动时有一些非金属杂质破裂而脱落下来，逐渐渗透到结晶颗粒中，阻碍结晶平面的继续滑动，从而提高了钢的强度。

4. 钢筋冷拔前后体积不变

钢筋的体积在塑性变形过程中，认为保持不变，实际上钢筋内的空隙和结孔的消失，会缩小钢筋的体积，因缩小数值很小，在换算钢筋断面时可略而不计。

根据体积不变的道理，可写出下列公式：

$$V = l_0 S_0 = l_1 S_1 = K \quad (\text{公式 2-1})$$

式中：V——钢筋的体积；

l_0 ——钢筋冷拔前的长度；

l_1 ——钢筋冷拔后的长度；

S_0 ——钢筋冷拔前的截面积，可查附录表 1, 2；

S_1 ——钢筋冷拔后的截面积，可查附录表 1, 2；

K——常数。

根据公式(1)可得出比例式：

$$\frac{S_0}{S_1} = \frac{l_1}{l_0} = \mu \quad (\text{公式 2-2})$$

式中： μ ——鋼筋延伸率。

對截面為圓形的鋼筋來說，

$$\mu = \frac{d_0^2}{d_1^2} \quad (\text{公式 2-3})$$

式中： d_0 ——鋼筋引拔前的直徑；

d_1 ——鋼筋引拔後的直徑。

例 1. 6 公厘盤元鋼筋冷拔至 5 公厘後，求鋼筋的延伸率 μ 值。

$$\mu = \frac{d_0^2}{d_1^2} = \frac{6^2}{5^2} = 1.44$$

即 100 公尺的 6 公厘盤元鋼筋冷拔後，可拔成 144 公尺的 5 公厘鋼筋。

9 公厘以下鋼筋冷拔後鋼筋的伸長率 μ 值，如表 2-1 所示。

冷拔時鋼筋的壓縮率或截面積減縮率可用下列公式表示：

$$q = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \cdot 100 \quad (\text{公式 2-4})$$

式中： q ——壓縮率或截面積減縮率。

例 2. 6 公厘鋼筋冷拔至 5 公厘後，求鋼筋的截面積減縮率 q 值。

$$q = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100 = \frac{0.283 - 0.196}{0.283} \times 100 = 30.7\%$$

鋼筋冷拔後截面積減縮率(q)值如表 2-2 所示。

μ 和 q 的相互關係為：

$$\mu = \frac{1}{1 - q} \quad (\text{公式 2-5})$$

$$q = 1 - \frac{1}{\mu} \quad (\text{公式 2-6})$$

例 3. 已知鋼筋經冷拔後，伸長率 $\mu = 4$ ，求截面積減縮率 q 值。

$$q = 1 - \frac{1}{\mu} = 1 - \frac{1}{4} = 1 - 0.25 = 0.75 = 75\%$$

5. 引拔力的計算

不考慮拔絲模直筒部分的影响，引拔力可根據格夫瑞林柯教授的公式計算。

鋼筋冷拔后的(伸長率) μ 值

表 2-1

μ 值	8	7	6	5	4.5	4.0	3.8	3.5	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8
冷拔后直徑(公厘)																
冷拔前直徑(公厘)																
9	1.265	1.653	2.250	3.240	4	5.062	5.608	6.612	7.900	9	10.331	11.980	14.062	16.735	20.25	26.00
8	1	1.306	1.777	2.560	3.160	4	4.432	5.225	6.240	7.111	8.163	9.466	11.110	13.223	16	19.75
7		1	1.361	1.960	2.429	3.062	3.386	4	4.785	5.444	6.250	7.248	8.507	10.121	12.25	15.123
6			1	1.440	1.748	2.250	2.508	2.938	3.515	4	4.591	5.325	6.250	7.437	9	11.111
5				1	1.234	1.562	1.737	2.040	2.441	2.777	3.188	3.680	4.340	5.165	6.250	7.716
4.5					1	1.265	1.442	1.653	1.974	2.250	2.584	2.980	3.516	4.185	5.062	6.482
4.0						1	1.108	1.307	1.562	1.777	2.010	2.351	2.777	3.305	4	4.907
3.8							1	1.178	1.410	1.602	1.841	2.137	2.510	2.982	3.610	4.432
3.5								1	1.195	1.361	1.566	1.811	2.126	2.530	3.062	3.844
3.2									1	1.136	1.306	1.526	1.777	2.115	2.560	3.160
2.8										1	1.146	1.331	1.562	1.859	2.250	2.777
2.6											1	1.159	1.361	1.619	1.960	2.419
2.4												1	1.174	1.397	1.685	2.089
2.2													1	1.190	1.440	1.778
2.0														1	1.210	1.490
															1	1.265

鋼筋冷拔后截面积減縮率(%) q 值

表 2-2

冷拔前 鋼筋直徑 (公厘)	冷拔后鋼 筋直徑 (公厘)															
	8	7	6	5	4.5	4.0	3.8	3.5	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8
9	20.9	39.5	55.5	69.2	75.0	80.2	82.2	84.9	87.4	88.8	90.3	91.6	92.9	93.9	95.0	96.0
8	1	23.4	43.7	61.0	68.3	74.9	77.5	80.9	84.0	85.8	87.6	89.4	91.0	92.4	93.7	94.9
7		1	26.4	49.1	58.7	67.2	70.6	75.0	79.2	81.5	83.3	86.2	88.3	90.1	91.8	93.4
6			1	30.7	43.8	55.4	60.1	66.1	71.7	74.9	78.1	84.2	84.1	86.6	88.9	91.0
5				1	18.8	35.7	42.3	51.0	59.1	63.7	68.3	72.9	77.0	80.6	83.9	87.0
4.5					1	20.7	28.9	39.5	49.6	55.6	60.9	66.6	71.6	76.1	79.5	84.0
4.0						1	10.3	23.3	36.3	43.6	50.7	57.9	64.2	69.8	75.0	77.1
3.8							1	15.0	29.2	37.2	45.1	53.0	60.2	66.3	72.2	77.5
3.5								1	16.7	26.0	35.4	44.7	53.1	60.4	67.2	73.5
3.2									1	11.2	22.5	33.7	43.7	52.5	60.7	68.2
3.0										1	12.6	25.3	36.6	46.4	55.7	64.2
2.8											1	14.5	27.4	38.7	49.3	59.0
2.6												1	15.0	28.4	40.7	53.0
2.4													1	15.5	30.2	43.5
2.2														1	17.5	33.1
2.0															1	19.1

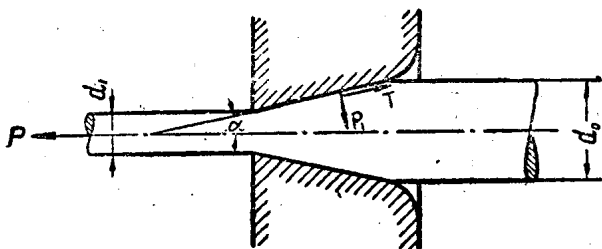


圖 2-7 通过無直筒部份錐模孔引拔鋼筋時示意圖

在錐形表面上的总压力:

$$P_1 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d_0^2 - d_1^2}{\sin \alpha} \cdot \sigma_F \quad (\text{公式 2-7})$$

式中: $\frac{\pi}{4} \cdot \frac{d_0^2 - d_1^2}{\sin \alpha}$ —— 錐形体的表面积;

σ_F —— 鋼筋施于模孔表面的流动压力, 垂直于拔絲模孔孔壁的总压力的水平分力。

$$P_2 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d_0^2 - d_1^2}{\sin \alpha} \cdot \sigma_F \cdot \sin \alpha = \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_1^2) \cdot \sigma_F \quad (\text{公式 2-8})$$

在拔絲模孔的錐形面上所产生的摩擦

力:

$$T_1 = f \cdot \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_0^2 - d_1^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \sigma_F \quad (\text{公式 2-9})$$

式中: f —— 摩擦系数 (0.6~0.12)。

故摩擦力的水平分力为:

$$\begin{aligned} T_2 &= f \cdot \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_0^2 - d_1^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \sigma_F \cdot \cos \alpha \\ &= f \cdot \sigma_F \cdot \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_1^2) \cot \alpha \quad (\text{公式 2-10}) \end{aligned}$$

$\therefore$ 总的引拔力:

$$P = P_2 + T_2 = \frac{\pi}{4} \cdot \sigma_F \cdot (d_0^2 - d_1^2)$$

$$+ f \cdot \sigma_F \cdot \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_1^2) \cot \alpha = \sigma_F \cdot (S_0 - S_1) (1 + f \cdot \cot \alpha) \quad (\text{公式 2-11})$$

如考虑直筒部份的影响, 因鋼筋与直筒部份的摩擦力增加, 故总的引拔力亦大大增加, 如圖 2-8 所示。

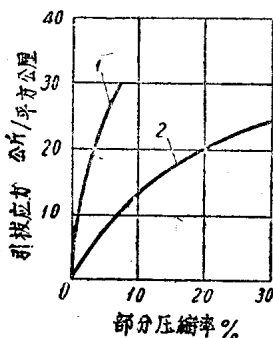


圖 2-8 在各种压缩率下模孔直筒形出口对引拔应力的影响

1—有直筒部分的模孔;

2—無直筒部分的模孔

三、冷拔鋼筋的加工方法

冷拔鋼筋加工的工序分为下面几个工序：

除锈→酸洗→沾石灰漿→干燥→拔絲（包括接头）→調直

1. 除 锈

一般鋼筋表面均帶有鉄锈層，它是由 FeO 、 Fe_3O_4 和 Fe_2O_3 等氧化物組成的。这些氧化物的形成及其数量比决定于鋼筋的加热溫度。鉄锈層的硬度很高，如不在冷拔前除掉，極易磨坏金屬模孔，以致在鋼筋表面形成溝紋，大大增加冷拔鋼筋所消耗的能量，并易造成鋼筋拉断現象。

机械除锈的方法是將鋼筋通过3~6个上下排列轉动的輥子，当輥子轉动时，使鋼筋忽上忽下的弯曲，因而鉄锈層即自行开裂而脫落，如圖 3-1 所示。

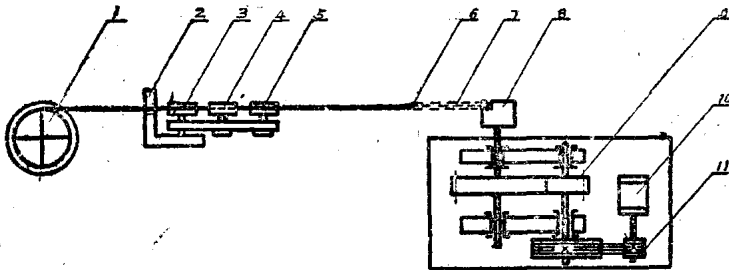


圖 3-1 鋼筋除锈示意圖

1—轉盤；2—进口眼；3、4、5—輥子；6—鋼筋夾头；7—鏈条；8—盤元筒；
9—齒輪；10—馬达；11—三角皮帶

操作方法是將鋼筋由轉盤 1 穿过进口眼 2，由輥子 3 的上面繞至輥子 4 的下面，再繞至輥子 5 的上面，用鏈条夾头 6、7，連至盤元筒 8 上，当馬达 10 轉动时，通过三角皮帶 11，帶着盤元筒旋轉，使鋼筋順着圖 3-1 中箭头所指的方向拉去。

鋼筋表面的鉄锈層主要是靠鋼筋弯曲时开裂而脫落。其次，在鋼筋直綫部份，也因馬达轉动时的震动，使表面的浮壳落下。采用这种除