

十字交叉鋼筋点焊工艺过程

Б. М. 聶克拉斯夫

Л. В. 格列波夫

建 筑 工 程 出 版 社

原本說明

書 名 Технология точечной сварки пересекающихся стержней
арматурной стали

著 者 Б. М. Некрасов, Л. В. Глебов

出版者 Ленинградский дом научно-технической пропаганды

出版地点
及日期 Ленинград—1935

十字交叉鋼筋点焊工艺过程

秋 楓 譯 楊智达 校

編 譯: 張以宁

設 計: 丁顯达

1959年1月第1版 1959年1月第1次印刷 3,060册
787×1092 • $\frac{1}{32}$ • 12千字 • 印張 $\frac{9}{16}$ • 定价 (10) 0.10元
建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 書号: 1407

建筑工程出版社出版 (北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

苏联共产党中央委员会和苏联部長會議于1954年8月19日所作的“关于发展建筑工程中装配式鋼筋混凝土結構和构件生产”的決議和1954年在莫斯科建筑工作者會議上与会人員所提出的对民用、工业和水工建筑中广泛采用鋼筋混凝土的意見，都說明了需要根本地改变目前建筑工程中的施工方法。

在結構体内用綁扎鉄絲把数以万計的單根鋼筋連結在一起，以构成鋼筋混凝土的骨架的陈旧裝配方法，对現代的建筑速度和规模來說是不相称的，并且已为新的先进的工艺所代替。

新施工方法的实質就是采用电焊来代替綁扎以及用事前制造妥善并运至工地的平面与立体的鋼筋結構在現場进行安裝。

目前，大型砌块的建筑方法已获得了广泛的应用，这种方法是用預制好的鋼筋混凝土块体（梁、板等等）来进行安裝。

按规划，在1955—1956年間有402个装配式鋼筋混凝土制品工厂和200个露天預制場投入生产，这一計劃說明：在我們国家里，建筑工业将成为工业化的基地。

要想使鋼筋工程达到高度工业化，只有采用接触点焊，这种焊接法能显著地提高生产率及制造鋼筋結構的經濟效果。

和綁扎細鋼筋相比較，在制造鋼筋結構时，采用点焊可以減輕劳动及提高生产率2—2.5倍；和弧焊比較，在制造重型鋼筋網及骨架时，点焊使劳动量平均降低达50—60%，并使鋼筋結構的成本降低20—25%。此外，点焊时，以每一吨結構計可以節約焊条28—50公斤，并可保証节省基本材料15%，因为不再需要耗費

在开始焊接的时候，相互交叉的鋼筋就是在一点上接触的。

薄鋼板的点焊过程和交叉鋼筋的焊接过程相比較証明了，当电极压力及焊接电流值几乎固定不变时，焊接鋼筋的接触面积不断地增加，而电流密度及單位压力則减小。

在焊接过程开始时，由于电流密度过大，我們观察到鋼筋連接处的金屬的过份发热及强烈熔化；随着压陷，电流密度减小，发热量亦减小，鋼筋連接处金屬熔化的过程过渡到高热状态（到塑性状态）。

鋼筋交叉連接时，焊点周圍的金屬自焊点所导出的热量，远較焊接薄鋼板为小，因为在薄鋼板的焊接中，鋼板板体剧烈地将热量自焊点导出。特別是焊接鋼筋时，压力几乎全部被利用，因为沒有其它东西阻止焊接构件的压陷，在焊接开始时，圓鋼筋連接處不很大的接触点上集中的压力可以达到每平方公厘几百公斤；而当焊接結束时，單位压力分別减少到：低碳鋼——2—5公斤/平方公厘，5号鋼筋——5—10公斤/平方公厘。

如能正确地選擇交叉鋼筋的焊接规范，則焊接点的金相組織沒有气孔、气泡、夹渣及类似的缺陷；在焊接初期，鋼筋之間接触金屬的强烈熔化，可以使生成的夹杂物在其周圍自由挤出。点焊薄鋼板时，由于焊点整个为不熔化的基本金屬所包围，在这种情况下是不会把夹杂物挤出的。

这样，由于点焊鋼筋能充分地利用电极压力，电流密度大及热量不易发散，因此在采用同样一种設備时，焊接交叉鋼筋的厚度可比点焊薄鋼板时提高5—7倍。

有人認為：用点焊焊接十字交叉連接时，橫向鋼筋会削弱縱向鋼筋的工作能力。

这种情况，正如實驗中所証明的那样，是不正确的，因为用優質点焊焊接十字形連接的鋼筋时，削弱了的截面会由橫向鋼筋的

金屬來填補，這部分金屬足能擔負削弱之截面所應受的一部分荷重。

其次，甚至可以推想到，就鋼筋受縱向荷載的關係而言，鋼筋連接的地方對工作造成更為有利的條件：主要鋼筋之壓陷截面部分在焊接時被壓實了，而參與傳遞縱向荷載的橫向鋼筋截面部分顯然比縱向鋼筋的“未經壓陷”部分的尺寸大得多，沿着鋼筋連接線的截面處是危險的截面，但由於連接處有析出金屬（所謂“焊瘤”），所以這個截面的面積亦較大。

對壓陷程度不同的，焊有橫向鋼筋的縱向鋼筋所作之拉力試驗証實了上述論點的正确性。

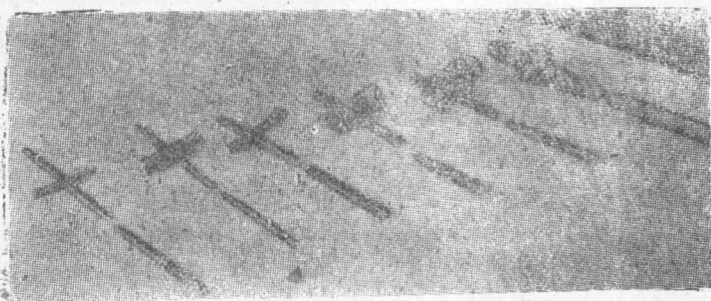


圖 2 不同直徑的“十字形”鋼筋焊接試件，縱向鋼筋
經拉力試驗後的情形

全部試件均斷裂在離開焊接橫向鋼筋很遠的基本材料上（圖 2）。

十字形接觸點焊的工藝過程

鋼筋混凝土的鋼筋由下列各種鋼號及截面制成：Cт.0, Cт.3 及 Cт.5，圓鋼及規律變形鋼，熱軋及冷拉鋼，以及由 BC 及 OBC

标号制成的鋼絲。

在某种情况下，为了改善鋼筋的机械性能，采用原材料的冷拔，冷压及冷拉，上述每一种鋼号以及由它所制成的各种断面型式都有它的特性，并且和化学成份或机械加工有关。所采用材料的性質列于表 1。

焊接十字交叉鋼筋时，原材料的性能应该尽可能地保持不变。因此要格外詳細地考虑其性能，并确定在焊接中可能破坏性能的原因。Ст.0及Ст.3圓截面的低碳鋼在焊接中很少产生淬火及形成裂縫，在这种情况下，即使在較大的电流、時間及压力变化范围内，都可以获得坚固的焊接点。焊接规范是以現有的設備和技术經濟指标来选择的，从生产率的观点出发用强规范焊接最为合适。

表 1

鋼 类 名 称	鋼号	强 度 极 限 公斤/平方公厘	延 伸 率 不小于%	屈 服 极 限 公斤/平方公厘
热軋圓鋼筋	Ст.0	32—47	18—22	25
	Ст.3	38—47	21—27	28.5
	Ст.5	52—62	15—21	30
热軋規律变形鋼筋	Ст.5	50	—	35
未經热处理之冷拔鋼絲:	Ст.3	55	—	45
直徑 3—6 公厘	Ст.0	45	—	35
直徑 7—10 公厘	Ст.3	46—56	3.5—6.5	35
冷压規律变形鋼筋	Ст.3	42	—	35
冷拉鋼筋:	Ст.3	42	—	30
直徑12公厘以內者	Ст.3	42	—	30
直徑12公厘以上者	Ст.0	37	—	30
其他各种直徑				

中碳鋼Ст.5由于含碳百分率較大，易于淬火。在焊接处会形成裂縫及破裂，因此必須用大电流及較高的压力进行焊接。只

有采用这种方法才能获得Ст.5鋼筋焊接接头的必要强度。

冷拔鋼絲，冷压鋼筋和冷拉鋼筋由于事先經過处理而具有較高的机械强度。当加热到高温时会发生再結晶的現象——材料恢复为原来的組織，机械性能也会随之发生变化。

因为再結晶的温度和通电的时间，变形程度，化学成分有关，并且有一个界限，在这个界限里这个过程是进行着的，所以，选择焊接规范时必须力求采用强规范。从对上述各种材料的性能所作之簡單分析看来，可以看出，要选择一個适用于所有鋼号及截面的规范，实际上是不可能的。

但是，在制訂焊接规范时，被选择的任何规范亦有其遵循的共同条件，即应保证：

- 1) 連接点的最大强度；
- 2) 最短的焊接时间；
- 3) 最小的电流和綫路中所需要的功率；
- 4) 焊接点适当的外形（电极作用下的凹陷及总的压陷）；
- 5) 在规范的变动不大时，获得稳定的焊点机械强度。

全苏电焊设备科学研究所（ВНИИЭСО）及“电工”工厂的实验室曾根据上述簡略的要求进行了选择鋼筋点焊规范的研究工作。

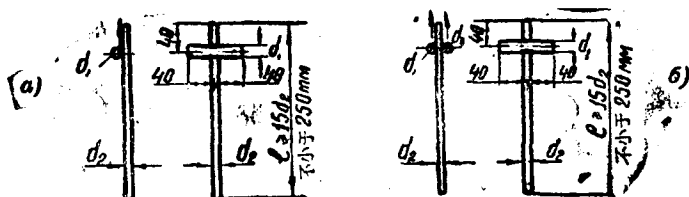


图 3 用机械作剪力实验用的十字形焊接的试样

a—單剪連接的试样（用两根鋼筋作成）；b—双剪連接的试样（三根鋼筋作成）

对得出的資料进行研究及整理，就可作出一个供选择各种直徑鋼筋最适合的焊接规范用的图表。

在开始叙述焊接规范的选择以前，为了給正确选择适当规范創造必要的条件，首先必須說明研究的方法。

I 机械强度的实验

正如理論計算和所进行之机械强度試驗指出的那样，对于直徑在20公厘以內之鋼筋來說，以專用夹具对試件作“抗剪”試驗所得出的結果是比較稳定的（图3和3a）。

在这种情况下，焊接接头的工作与实际情况非常近似。夹具便于在任何类型的拉力試驗机上使用。試驗直徑大于20公厘的鋼筋时，利用图4和4a中之夹具进行試件分离試驗最为合理。因为对直徑超过20公厘的鋼筋作剪力試驗时，由于在夹具（图3a）中所施加之荷重而产生的偏心距会有很大的影响。

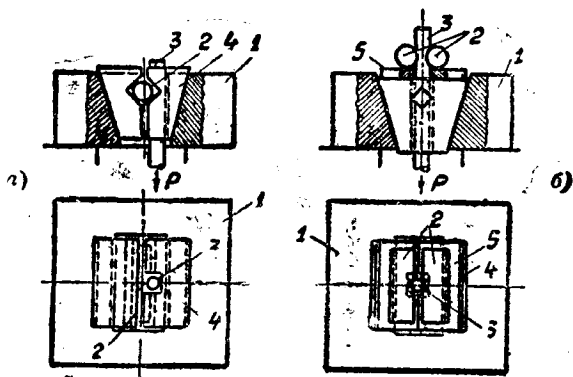


图 3a 十字形焊接接头剪力試驗設備簡圖

a—單剪連接；b—雙剪連接

1—分裂机的套圈；2—受驗試件的橫向鋼筋；3—受驗試件的縱向鋼筋；4—帶有特殊軸套的楔型軋頭；5—帶鏈紋的墊板；P—拉力

II 电 流 强 度

选择规范时，电流的强度是从变压器的一次线圈量测的，而二次电路中的电流量依下列公式计算：

$$I_2 = C \cdot (I_1 - I_0), \quad (1)$$

式中： I_2 ——二次电路中的电流；

I_1 ——一次电路中的电流；

I_0 ——与变压器级次相适应的空载电流；

C ——变压系数。

所求得之最合用之焊接电流值，可在其低侧用示波器进行检查，并以相同的办法进行调整。

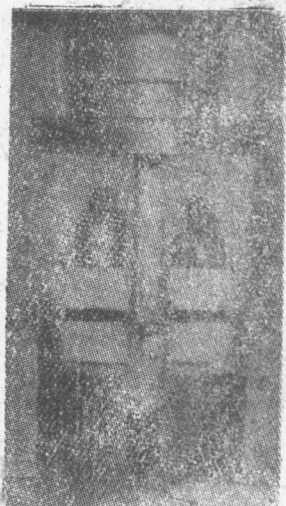


图4 十字形焊接点“分离”
试验用的夹具；安装于 20
吨的压力机上

III 焊 接 时 间

焊接的时间用限时继电器测量，这种限时继电器频率为50周波，读数精确到0.01秒。

IV 电极间的压力

电极间的压力在焊接前是借液体压力计来量测的。并且保持不变，在焊接的过程中根据气压表的指示来测量。

規 范 的 选 擇

I 电极直径与形状的选择

从万能性、可靠性和制造简便的观点出发，电极采用了扁平的形状。电极的直径是根据焊接的位于电极下之钢筋的最小允许过热、连接点的外形和电极的机械强度等来确定的。

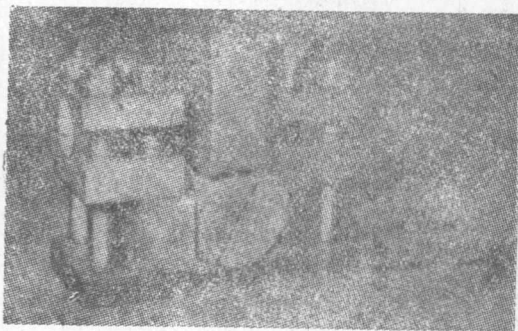


图 4a 直径20—100公厘之粗钢筋十字形焊接
接头分离试验用的夹具

如用下面所载述的电极直径时可获得更好的效果，并且对较大直径的钢筋取较小的值：

当钢筋直径 d 为 3—10 公厘时， $d_{\text{电极}} = (2.5—5) d_{\text{钢筋}}$

当钢筋直径 d 为 10—32 公厘时， $d_{\text{电极}} = (1.5—3) d_{\text{钢筋}}$

当钢筋直径 d 为 32 公厘时， $d_{\text{电极}} = (1.25—2) d_{\text{钢筋}}$

II 焊接连接点的外形

从图 5 中可以看出，一根钢筋压入另一根钢筋中越多，焊接点的面积就越大。为了有可能评定焊接点面积的大小，引用相对

压陷的概念，其关系式为：

$$\frac{\Delta}{d} \times 100\%,$$

式中： Δ ——绝对压陷，（公厘）；

d ——交叉点较小钢筋的直径（公厘）。

根据试样的机械强度试验可以确认，相对压陷深度最好在15—30%的范围内，这个关系也是作为选择焊接规范最好的方法，挤压量 δ 应不大于较小钢筋直径的20%。

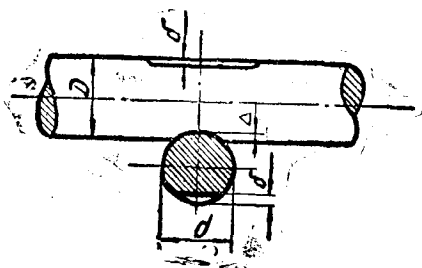


图 5 十字形交叉钢筋焊接连接图

D —较大钢筋的直径； d —较小钢筋的直径； δ —电极挤压深度； Δ —压陷值

Ⅲ 电流、焊接时间与压力的选择

电流、焊接时间与压力的选择是按每一种钢号及截面分别进行的。选择按照下列方法进行：固定两个参数为常数，改变第三个参数，到求得受试试样强度的最大值为止。对所选择之最好的规范应进行连接点机械强度的稳定性验对。最好的规范的选择结果列于表 2 与表 3 中。

应该指出，焊接规范参数的偏差在 $\pm 15\%$ 时，连接处机械强度的变化并不大。

表 2 与表 3 中所列的最适宜的规范包括了相当大的焊接截面

範圍，但是，有很多的組合沒有做過試驗，而其最好的焊接規範未曾選出。因此，適當地綜合這些研究的結果，根據選擇出的最適宜的規範，也就可以選擇出其它可以焊接的規範。這也可以從電流、時間及壓力最適合的規範值的曲線圖表中求得，在該表

中，電流與時間為 $\frac{d+D}{d \cdot D}$ 的自變數，壓力為 $d^2 \cdot D$ 的自變數（ d

——交叉鋼筋中較小鋼筋的直徑（公厘）； D ——較大鋼筋的直徑（公厘）），該自變數表明了焊接電阻與焊接點面積的相互關係。

曾試圖採用另一些橫座標（較小鋼筋的直徑，焊接鋼筋直徑的總和或焊接鋼筋面積的總和）來選擇焊接規範，但沒有得到良好的結果，同時也不可能繪制出一種適用於任何直徑鋼筋組合的焊接規範曲線；上述關係確定了焊接規範只適用於某一情況，並且也只是在某種具體的直徑組合下才是正確的。

所繪制的圖表載於圖 6、7、8 和 9 中，對根據這些圖表選擇的，在表 2 及表 3 中所未曾列出的某些交叉鋼筋的最好規範進行了試驗，其結果列於表 4。

在研究焊接鋼筋網自動焊機時，表明按圖 10 採用一側電流引綫最為方便。在這種情況下，按兩側電流引綫所選擇的焊接規範，在電流和時間方面，由於電流受鋼筋 D 分路而不適用於一側電流引綫。為了利用曲線表（圖 6 和 8）和利用電流之一側引綫，以焊接鋼筋之比值關係為條件的自變數值應該不按 $\frac{d+D}{d \cdot D}$ 來確定，

而按 $\frac{d + D \cdot (1 + \frac{D}{e})}{d \cdot D \cdot (1 + \frac{D}{e})}$ 的比例來確定。

式中： d ——通過電流的鋼筋直徑；

D ——造成分路電流鋼筋的直徑；

表 2

順 序 號	鋼 號 和 截 面	交 叉 鋼 筋 的 直 徑 (公厘)	電 流 引 線	適 宜 的 規 範			破 裂 荷 重 (公 斤)	破 裂 地 點	相 對 壓 陷 值	備 注
				電 極 電 流 (安 培)	電 極 電 壓 (伏)	電 極 壓 力 (公 斤)				
1	Cr. 0 和 Cr. 3 冷拉鋼筋	3 + 3	兩側的	4300	0.06	160	460	基本材料	50	剪力強度試驗
		5 + 5	兩側的	6200	0.1	220	1180	基本材料	30	
		6 + 6	兩側的	7200	0.12	260	1480	基本材料	40	
2	Cr. 0 和 Cr. 3 熱軋鋼筋	6 + 6	兩側的	6500	0.1	200	1200	基本材料	35	剪力強度試驗
		10 + 10	兩側的	12440	0.3	430	3750	基本材料	35	
		12 + 12	兩側的	13500	0.35	450	4600	基本材料	30	
		18 + 18	兩側的	19000	1.8	1000	10650	基本材料	22	分離強度試驗
		25 + 25	兩側的	22500	2.2	1750	—	基本材料	28	
		30 + 30	兩側的	29000	2.5	2400	30000	焊接區域	12	
		28 + 60	兩側的	31500	5.0	2700	25000	焊接區域	14	
		30 + 60	兩側的	31600	6.25	2800	35000	焊接區域	11	
		60 + 60	兩側的	36500	22.0	4400	100000	焊接區域	15	
		60 + 75	兩側的	38000	26.0	4150	96000	焊接區域	9	
		60 + 85	兩側的	42000	42.0	5400	107000	焊接區域	11	

注：低碳鋼的細鋼筋和中等鋼筋的焊接規範是由工程師 H. M. 拉達史柯維奇親自參加下，在“电工”工厂之接觸焊接實驗室中選擇的。

e ——鋼筋之間的距離。

以这种方法选择的规范曾在焊接两种直径(6+6与16+16公厘)之3号圆鋼筋(間距200公厘)时作过校驗。

其結果載于表5中。

表 3

順序号	鋼号和截面	交叉鋼筋的直径(公厘)	电流引綫	規 范			破 坏 荷 重(公斤)	破 裂 地 点	相对压陷 值(%)	备 注
				焊 接 电 流(安培)	焊 接 时 間(秒)	电 极 压 力(公斤)				
1	Ст.5 热轧圓鋼筋	10+18	两侧的	20,000	0.55	1,000	4,300	焊接区域的基本材料处	47	分离强度試驗
		12+22	两侧的	21,000	0.75	1,250	4,400		33	
		14+28	两侧的	21,500	1.3	1,500	7,200		34	
		16+28	两侧的	22,000	1.75	1,700	10,950		26	
		18+32	两侧的	23,000	2.2	2,000	10,850		23.8	
		20+32	两侧的	24,000	2.5	2,100	13,450		22.5	
		32+32	两侧的	30,000	4.5	2,700	45,500		16.5	
2	Ст.5 号热轧規律变形鋼筋	12+12	两侧的	18,500	1.0	1,000	4,300	焊接区域的基本材料处	20	
		18+18	两侧的	22,500	1.4	1,500	8,900		23.8	
		16+24	两侧的	23,500	1.5	1,500	6,600		29.6	

注: Ст.5 鋼筋的焊接规范是在全苏电焊设备科学研究所的实验室中由工程师 И. А. 依万諾夫和 Э. М. 米哈依洛娃直接参加下选择的。

表 4

鋼号和截面	交叉鋼筋的直径(公厘)	按曲綫表的最适宜的 規 范			达到最大之机械强度的 規 范			破坏荷重(公斤)	备 注
		焊 接 电 流(安培)	焊 接 时 間(秒)	电 极 压 力(公斤)	焊 接 电 流(安培)	焊 接 时 間(秒)	电 极 压 力(公斤)		
Ст.5 圓鋼筋	10+10	16,800	0.5	700	16,700	0.5	650	3,300	分离試驗
	12+12	18,300	0.65	1,100	18,000	0.65	1,100	6,450	
	14+14	19,800	0.75	1,400	20,000	0.75	1,400	9,100	
	18+18	20,500	1.4	1,800	21,000	1.4	1,800	10,800	
	22+22	22,500	2.2	2,000	22,500	2.25	2,000	12,650	

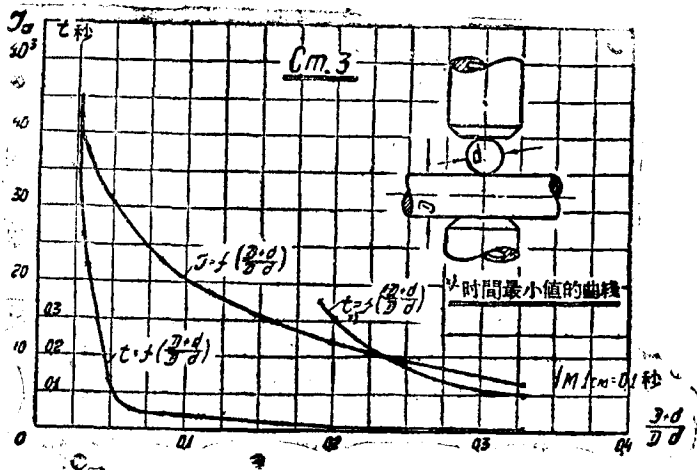


图 6 Cr.3 各种直径的交叉钢筋点焊时，选择焊接电流 (I) 及焊接时间 (t) 的曲线图表

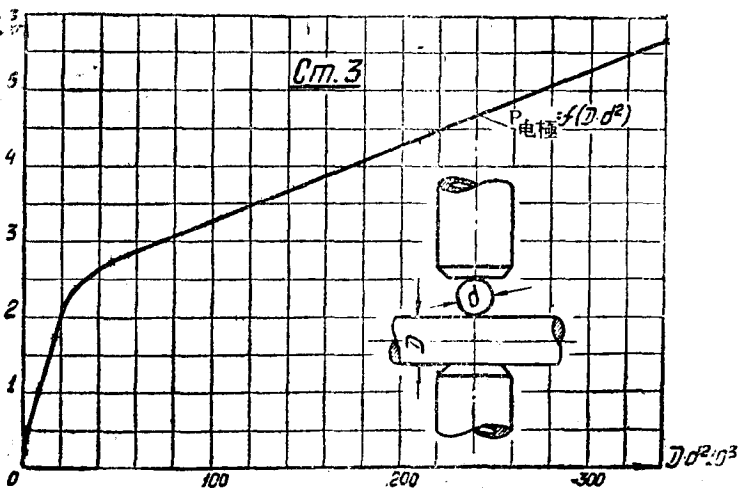


图 7 Cr.3 各种直径的交叉钢筋焊接时，选择电极压力 (P) 的曲线图表

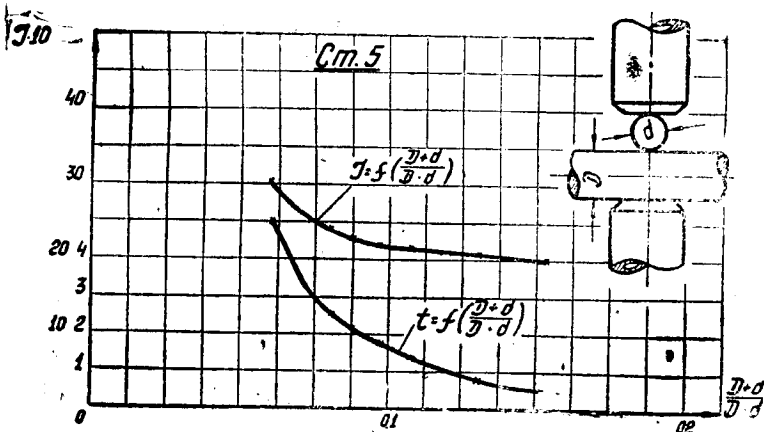


图 8 Cт.5各种直径的交叉钢筋点焊时，选择焊接电流 (I)及焊接时间 (t)的曲线图表

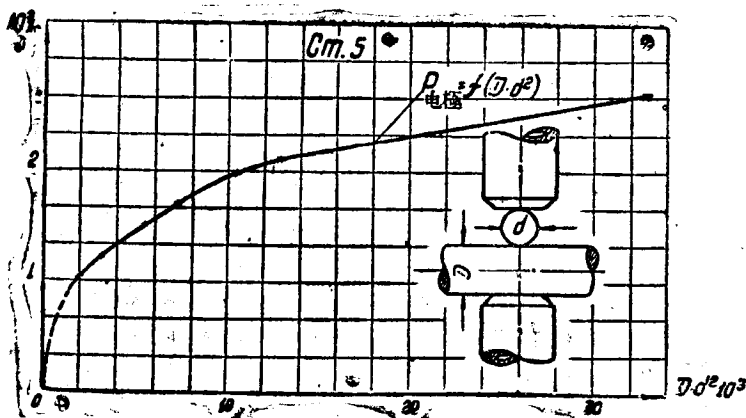


图 9 Cт.5各种直径的交叉钢筋点焊时，选择电极压力 (P)的曲线图表