

堆焊高速鋼刀具用 低碳鋼芯电焊条

第一机械工业部新技术宣傳推广所編



机 械 工 业 出 版 社

堆焊高速鋼刀具用低碳鋼芯电焊条

一、前 言

高速鋼刀具堆焊，在我国已获得初步推广，但使用的焊条还仅限于用高速鋼芯制成的，至于用低碳鋼芯制造堆焊高速鋼刀具用焊条，在焊条配方及焊条質量的稳定等方面还有待进一步改善。

利用高速鋼芯焊条进行堆焊制造刀具时，堆焊后的化学成分，較為均匀，亦即質量較為稳定。但高速鋼芯价貴，用来制造焊条进行堆焊，等于使已經冶煉鍛制好的高速鋼再經第二次冶煉，在材料利用上很不合理。此外，高速鋼芯不易制造，因而影响刀具堆焊的进一步推广。用低碳鋼芯塗以含鉄合金的藥皮，制造堆焊高速鋼用焊条，成本可大为降低。据初步估計每公斤焊条可节约 4 元左右，但有人認為用这种焊条堆焊，不能保証堆焊后的良好質量及均匀性，根据苏联 В. А. Лапидус 及我們的試驗証明，如果焊条配方适当，制造时保証塗料均匀地塗于焊芯上，且堆焊过程中适当注意，就可以保証堆焊后的質量及均匀性。因此利用低碳鋼芯配制堆焊高速鋼工具用焊条是值得研究推广的。

我們在 P 18 型高速鋼的基础上适当調整了化学成分，使堆焊后，不淬火，只經回火，即能达到或超过标准成分鍛造高速鋼的优良切削性能。取消淬火工序，簡化了單刃工具的制造，特别是为热处理设备差的中小型工厂推广使用这种焊条創造了便利条件。

二、堆焊高速鋼成分的选择

堆焊高速鋼由于不必进行鍛造加工，因而其化学成分較鍛造高速鋼有着更广的調节余地。在标准高速鋼 P 18 的基础上提高钒，并相应的提高碳可改善刀具的紅硬性及切削性能。我們的方向就是通过調节碳和钒的含量使堆焊后的刀具不需热处理或只进行高溫回火即能获得較标准成分鍛造高速鋼更高的切削性能。

1) 焊条計算成分的变化对堆焊刀具面硬度的影响。

这里所謂的焊条的計算成分，是指将低碳鋼焊条芯与塗料中的鉄合金及石墨粉看成是一个整体，在此整体中各元素的百分比含量試驗的几种計算成分列于表 1。

表 1

焊条 配方 编号	焊 条 的 計 算 成 分						硬 度 R_C			
	C	W	Cr	V	Mn	Si	堆 焊 后	560°C保温一小时回火后		
								一 次	二 次	三 次
39	1.00	19	4.7	2.7	1.0	1.2	58.5~60.5 59.5	61~65 63	62~65.5 64	63~67 65
38	1.15	19	4.7	2.7	1.0	1.2	61~64 63	65~66 65.5	66~67 66.5	65.5~67 66.5
31	1.30	19	4.7	2.7	1.0	12	62~65 64	64.5~66 65.5	65.5~67 66.5	67~67 67
32	1.45	19	4.7	2.7	1.0	12	59~63 61.5	62~65 64	63~65.5 64.5	65.5~67 66.5
33	1.60	19	4.7	2.7	1.0	12	55~58 57	58.5~59 59	60.5~62.5 61	60~62.5 61.5
34	1.80	19	4.7	2.7	1.0	12	54.5~57.5 55	58~59 58.5	60~61 60.5	59.5~62.5 61
35	2.00	19	4.7	2.7	1.0	1.2	48~53 51.5	53~56.5 54.5	53~54.5 54	54.5~58.5 57
36	2.20	19	4.7	2.7	1.0	1.2	48~51 50	50~52 51	50~53 51.5	52~52 52
37	1.30	19	4.7	3.3	1.0	12	64.5~66 65.5	65.8~66 66	66~67.5 67	67~68 67.5
40	1.30	19	4.7	3.9	1.0	12	61.5~63 62	62.5~64.5 63.5	62~65.5 64	64~67 65.5
2	1.84	18.76	3.37	2.19	2.17	1.2	50~52 51	—	—	64~65 64.5

注：硬度每次打5~10个点，分子代表其上、下限，分母代表所有点的平均值。

为了保証表 1 內各焊条中元素过渡系数相同或相近，各号焊条在每單位焊芯長度上所塗之保护剂（大理石、螢石等）保持不变（具体数量參看焊条配方計算表），且堆焊之工艺条件（电流、电源性質、电焊规范）亦保持不变（同堆焊工艺部分所規定）。

堆焊三層后进行了硬度測定，然后进行三次 560 °C 高温回火（保

持一小时，空气冷却）回火后测定了硬度（見圖 1、2 及表 1），从回火处理及其硬度来看，除 34~36 号焊条的硬度沒有达到标准（62R_C）外，其余都能达到，其中 C = 1.15~1.30%，V = 2.7~3.3 时，硬度最高，当 C 量达上限时，回火后硬度升高最均匀，C 繼續升高对硬度值起不利影响，但是仅从常温硬度值中尚不能完全断定切削性能的好坏，按一般見解还需測

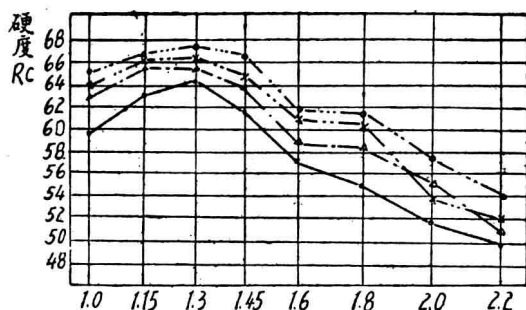
紅硬性（即切削时在刃上引起的高温状态下馬氏体低抗分解的能力）。由于設備限制未能直接在高温下测定其硬度，然而如采用在四次高温回火后测定硬度的方法来判断紅硬性，則因堆焊后实为鑄造組織，其中網状碳化物甚多，硬度值不等于晶粒中的真实硬度，因而不能完全

反映切削性能，这一点从文献●及我們的实验結果中可得到証实。

从表 2 中可看出，2 号堆焊高速鋼之紅硬性高于鍛造高速鋼。

但从表 3 中可看出 2 号之切削性能反而較鍛造高速鋼差，因此我們認為在有条件进行較为簡便的端面切削試驗时，最好直接进行切削性能試驗。

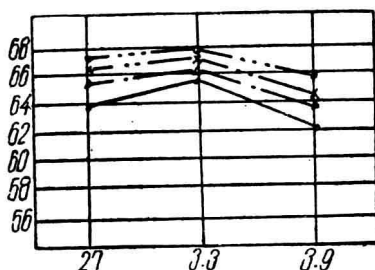
2) 焊条成分变化对堆焊后切



焊条計算成分中之含 C 量，%

○——○堆焊后； ×——×二次回火后；
△——△一次回火后； ○——○三次回火后。

圖 1 焊条計算成分中 V 2.7% 时，C % 的变化及 560°C 回火对硬度的影响。



焊条計算成分中之含 V 量，%

○——○堆焊后； ×——×二次回火后；
△——△一次回火后； ○——○三次回火后。

圖 2 焊条計算成分中 C 1.3% 时，V % 的变化及 560°C 回火后对硬度的影响。

● 参看 И. С. Кватер: [Литые быстрорежущие стали].

削性能的影响。

表 2

名 称	560°C三次回火(每次保温一小时, 空冷)后的 R_C	560°C三次回火后, 再經630°C四次回火(每次保温一小时, 空冷)后的 R_C
鍛造P18刀具	65	58
2号焊条堆焊刀具	59~65	60~60.5

切削試驗, 采用端面切削法, 被切削材料为正常化的40号元鋼, 用以进行切削比較的为哈第一工具厂出产的鑲片弯头車刀, 堆焊刀具除注明者外均經560°C三次回火处理。車刀角度均为 $\alpha = 9^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 12^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, 吃刀深度1公厘, 走刀量0.1公厘/轉。切削性能試驗結果列于表3。

表 3

車 刀 材 料		不同轉数下的 $D_{\text{頂}}$ (公厘)			
		380轉/分	480轉/分	600轉/分	765轉/分
P18鍛造高速鋼		124	104	93.6	76
用不同配方編号的焊条堆焊出之高速鋼	39	—	78	75	—
	38	124	107	87	80
	31	118	108	85	71
	32	121	104	82	66
	33	—	75.4	68	—
	34	—	83	69	—
	37	123	108	94	78
	40	—	84	79	—
	31①	—	82	—	64
	2	—	—	—	60

① 堆焊后未經任何热处理。

根据換算得出耐用度曲綫圖(圖3)。

为了进一步比較刀具的切削性能, 用38号焊条堆焊的車刀在哈仪表厂工具車間进行了生产試用, 被加工材料为直徑84公厘的50A元鋼, 以305轉/分, 吃刀深度1.25公厘、走刀量0.3公厘/轉車外圓。

用該廠自制之車刀切削了 350 公厘長即磨鈍，而 38 号 刀 具 切 削 了 580 公厘才磨鈍，壽命高 66%。

三、試驗結果的分析

1) 用 38 号及 37 号焊条堆焊刀具只經三次 560 °C 回火，即能得 到比鍛造高速鋼車刀更为优良的切削性能。

2) 在保持塗料渣系不变 及其他合金元素不变的条 件下，再稍提高炭和钒的計算 含量，如 C 1.15~1.25%、V 2.7 ~ 3 %，不会对切削性能有显 著不利的影响。

3) 38 号焊条堆焊后的化 学成分及金相組織，將堆焊后 試件进行等溫退火后 硬度为 $R_C 30 \sim 38$ ，可以用普通刀具加 工。試件多層堆焊后，对取出 第三層以上的金屬进行了化学 分析，其結果如下：

C 1.04%；W 19.26%；
Cr 4.14%；V 2.42%；Mn
0.84%。

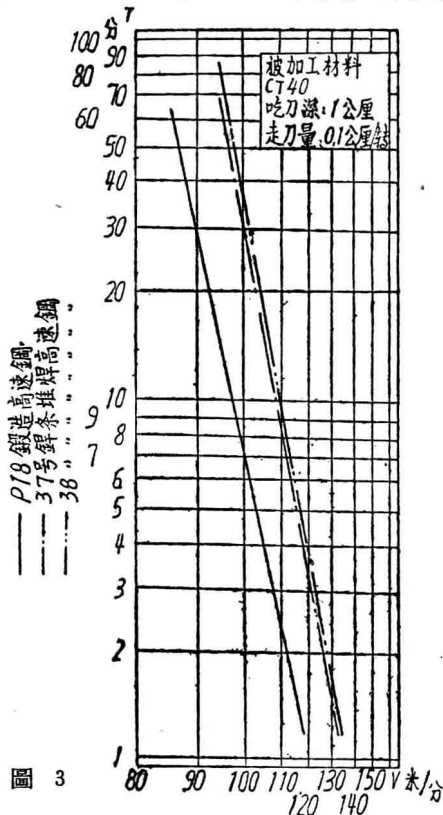


圖 3

注：所用的 38 号焊条制成后，其藥皮重量系数稍大于所需数值，經換算，其实际的焊 条計算成分为：C 1.224%；W 20.34%；Cr 5.045%；V 2.9%；Mn 1.05%；Si 1.255%。 化学分析結果除以实际的計算成分即得出如下的过渡系数： $\eta_C = 84.8\%$ ； $\eta_W = 94.6\%$ ； $\eta_{Cr} = 82\%$ ； $\eta_V = 83.4\%$ ； $\eta_{Mn} = 80\%$ 。

用 38 号焊条堆焊后（未經回火），其組織（見圖 4）为骨 骼 状 萊 氏 体（共晶体）、白色馬氏体、奧氏体組織及包圍于白色組織中的 黑色組織組成，此外还有点状碳化物。与 P 18 高速鋼的鑄造組織不

同，組織中有点状細小碳化物出現，晶粒細密均勻，而且具有較低硬度的黑色組織，在整个組織中所占比例較小。我們認為正由于黑色組織較少其晶碳化物細小分散，馬氏体易于合金化，因而堆焊后硬度較高，且切削性能也較好。

堆焊后在表層上进行硬度值測定，数值跳动小于 R_c34 ，这也可以作为組織比較細密均勻的表現。

焊条配方的計算。

精确地进行焊条配方的計算，是制造堆焊用低碳鋼芯电焊条的一个重要步驟。本节目的在于提供在原材料成分

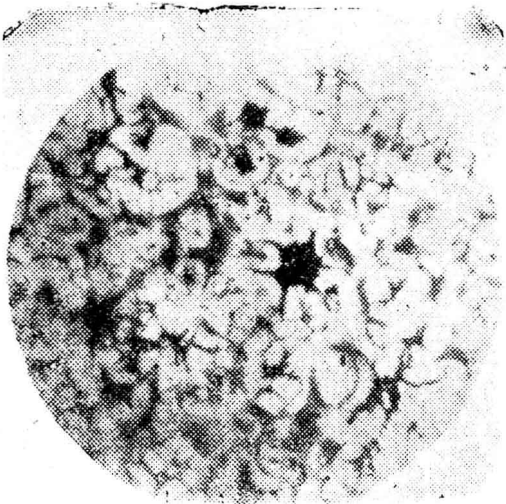


圖 4 38号焊条堆焊后表面層組織， $\times 600$ 。

不同的情況下，利用已有計算成分进行焊条配方計算的方法。各原材料的成分列于表 4。

表 4

名 称	粒 度 (通过篩号)	化 学 成 分 (%)								
		C	Si	Mn	S	P	Cr	W	V	Fe
鉻 鉄	75~80	5.48	—	—	—	—	68	—	—	26.02
鎢 鉄	75~80	0.21	0.35	0.74	0.06	痕	—	71.34	—	21.8
钒 鉄	75~80	0.35	2.08	—	0.071	0.052	—	—	45.14	52.31
錳 鉄	100	5.55	2.32	74.69	—	—	—	—	—	17.44
硅 鉄	100	0.039	76.13	0.44	—	—	—	—	—	23.39
銀色石墨	100	89.82	—	—	—	—	—	—	—	—
CB08焊芯	—	0.11	微	0.34	0.023	0.01	—	—	—	99.52
大 理 石	100	$\text{CaCO}_3=98.6\%$; $\text{MgO}=0.5\%$; $\text{S}=0.057\%$								
螢 石	100	$\text{CaF}_2=95.52\%$; $\text{SiO}_2=1.7$; $\text{S}<0.01$; $\text{P}<0.01$								
鋁 粉	—	工业純								

首先决定了采用苏联 ЛП-1М 焊条的渣系。为了使焊条抗气孔能力最高及保证最大过渡系数，确定了采用 4 公厘低碳钢芯时，各号焊条每 39 克焊芯均涂以 6 克大理石，而萤石与大理石比例均保持在 0.7 左右，硅、锰、铝为脱氧剂，其量的变化将引起其他合金过渡系数的改变，同时又有一部分过渡到堆焊层中成为金属组织部分，因而在配方计算中保持了一个固定比例（见表 1），以消除它们对过渡系数的影响。

计算方法与弗洛明、波浩特尼的方法较近似，其过程如下（只列举 38、31、32 三种焊条），设计算成分之总和为 100 克，计算的依据为表 1 所列之计算成分及表 4 所列之原材料成分。

1. 铬铁需要量：三者均为 $4.7 \frac{1}{0.68} = 6.91$ 克。

从 6.91 克铬铁带入：

碳： $6.91 \times 5.48\% = 0.379$ 克，

铁： $6.91 \times 26.02\% = 1.8$ 克。

2. 同样方法钨铁需要 26.65 克。

从中带入：

碳 0.056 克，锰 0.064 克，硅 0.093 克，铁 7.4 克。

3. 钒铁需要 5.98 克。

从中带入：

碳 0.021 克，硅 0.1245 克，铁 3.13 克。

4. 铁芯需要量：由于以上铁合金中已带入部分铁，所以铁芯需要量（从硅铁中估计可带入 0.3 克，锰铁可带入 0.2 克铁）。

对于 38 号 $[70.25 - (1.8 + 7.4 + 3.13 + 0.2 + 0.3)] \frac{1}{0.9952}$
 $= 57.75$ 克。

同样方法对 31 号需要 57.6 克。

对 32 号需要 57.45 克。

从中带来碳：

38 号 0.0435 克，

31 号 0.0634 克，

32 号 0.0632 克。

5. 錳鉄需要量 (三者从鉄芯中带入之錳均按 0.194 克計):

$$[1 - (0.064 + 0.194)] \frac{1}{0.7469} = 0.994 \text{ 克。}$$

从中带入:

碳 0.6546 克, 硅 0.023 克, 鉄 0.1733 克 (与事先估計的 0.2 克相近)。

6. 硅鉄需要量:

$$[1.2 - (0.093 + 0.1245 + 0.023)] \frac{1}{0.7613} = 1.26 \text{ 克。}$$

从中带入:

碳 0.00049 克, 鉄 0.294 克 (与事先估計 0.3 克相近)。

7. 石墨粉需要量:

$$\text{对 38 号 } [115 - (0.379 + 0.056 + 0.021 + 0.0546 + 0.005 + 0.0635)] \frac{1}{0.8982} = 0.64 \text{ 克。}$$

对 31 号: 0.807 克,

对 30 号: 0.975 克。

8. 按前述原則, 大理石、螢石、鋁粉分別加 8.8、6.3、0.5 克, 計算之最終結果列入表 4 及表 5, 从表 5 可得出藥皮的重量系数。

表 5 的藥粉重量組成換算成百分比后見表 6。

表 5

焊条 編号	焊条藥皮的重量組成(克)											焊芯重 (克)	藥皮重 量系数
	鉻鉄	鎢鉄	鈳鉄	錳鉄	硅鉄	石墨	鋁粉	螢石	大理石	藥粉 总重	藥皮烘 干后重		
38	6.91	26.65	5.98	0.994	1.26	0.64	0.5	6.3	8.8	58.03	63.00	57.75	1.091
31	6.71	26.65	5.98	0.994	1.26	0.807	0.5	6.3	8.8	58.2	63.15	57.60	1.090
32	6.91	26.65	5.98	0.994	1.26	0.975	0.5	6.3	8.8	58.37	63.30	57.45	1.102

注: 1. 所用之水玻璃比重 1.47, 經測驗, 該水玻璃烘干失去水分后余重 40%: 藥粉中加水玻璃量为藥粉重的 21%, 因此, 藥皮烘干后重 = $1.034 \times$ 藥粉总重。

2. 藥皮重量系数即烘干后的藥皮重比焊芯重: 其中焊芯重不包括未塗藥的焊条头部分的重量。

表 6

焊条 編号	焊 条 藥 皮 配 方 (%)								
	鉻鉄	鎢鉄	釩鉄	錳鉄	硅鉄	石墨	鋁粉	螢石	大理石
38	11.9	45.7	10.3	1.7	2.1	1.1	0.9	10.7	15
31	11.9	45.8	10.3	1.7	2.1	1.4	0.9	10.8	15.1
32	11.9	45.7	10.3	1.7	2.1	1.7	0.9	10.7	15

四、焊条制造和堆焊工艺

由于堆焊層的合金成分几乎全靠从藥皮中过渡，因而对于焊条制造必須严格注意以下几点：

1. 藥粉在調水玻璃前要充分地進行干混，攪拌均勻。

2. 藥皮应均匀地塗敷在焊芯上，不得有粗細不均及偏心等現象，为此，希望采用压制法制焊条，这样还可在保証藥皮重量系数不变的情况下，压缩藥皮厚度，便于堆焊操作。

3. 严格保持藥皮重量系数。

此外，关于焊条清理、塗料材料的粉碎、鈍化处理等均可按照文献^②进行，焊条在空气中干燥后，应在300～350℃的溫度下烘2～3小时。

試驗用的焊条是用內徑为8公厘的金屬管填充进去塗料后，再将一端磨尖的直徑为4公厘的焊芯插入制成的，烘干后藥皮重量系数稍超过所需数值。

焊条建議采用4公厘，最好用直流反接，电流115～135安，也可以用交流，电流为160～180克，焊第二層时电流可减小10%左右。

堆焊車刀时可用炭模、型砂模，但最好用紫銅模，模和刀体应稍留間隙，使积聚起来的熔渣易于流出。

堆焊时要用短弧，以避免炭的过量燒損，同时应尽量使基本金屬

② 参看〔苏联中央机械制造与工艺科学研究院的焊条〕，雅洛汶斯基，巴日洛夫編，机械工业出版社出版。

的熔化达到最小限度。

操作时需特别注意，打弧和結尾一定要在基体金屬上进行。因打弧时藥皮帽子被碰掉，最初熔化的几滴金屬中藥皮重量系数很低，因而其中合金含量必然不合要求，收尾处易产生些小的缺陷，因而必須引到基本金屬上断弧。

中小型刀具堆焊后可在空气中冷却，堆焊層中无气孔及裂縫，焊縫上之渣壳較易打落，刀具經回火磨礪后即可使用。

五、結 論

1. 38号高速鋼堆焊用焊条堆焊后，具有之化学成分为： $C1.04\%$ ； $W19.26\%$ ； $Cr4.14\%$ ； $V2.42\%$ ，經三次 $560^{\circ}C$ 回火可获得較P18鍛造高速鋼更高的硬度及切削性能，当堆焊層的化学成分变化于 $C1.0\sim1.1\%$ 、 $V2.3\sim2.8\%$ 、 $W17.5\sim19\%$ 、 $Cr3.8\sim4.4\%$ 范围时，估計該切削性能可保持或变动不大。

2. 在焊条制造及堆焊工艺中与高速鋼芯电焊条相比无甚特殊困难，只需稍加注意，就可保証堆焊后化学成分及切削性能的均匀及稳定。

3. 以低碳鋼芯加鉄合金塗料，每代替1公斤鍛造高速鋼芯可节省4元左右。

4. 存在的問題：本試驗尚存在很多不足之处，例如对于堆焊后冷却速度的变化对性能的影响，提高回火溫度（如提高 $10\sim20^{\circ}C$ ）减少回火次数对性能的影响，以及退火后以不同的溫度进行淬火并回火后对性能的影响等都尚未进行。

編著者：第一机械工业部新技术宣傳推广所
NO. 2509

1958 年11月第一版 1958 年11月第一版第一次印刷
850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数 9 千字 印張 $\frac{7}{16}$ 0,001—6,100 册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字第 008 号

統一書号 T15033·1444
定 价 (9) 0.05 元