

國外資料

生產自動及半自動電焊用 絲和焊劑的工藝須知

內部資料 注意保存



第一機械工業部

機械製造與工藝科學研究院譯制

1959.6. 北京

波蘭人民共和國機械制造部焊接研究所

“格林維茲”

生產自動及半自動電焊用焊絲和 焊劑的工藝須知

譯自波文蘇譯本

1952年~1956年

国外資料 艺資复字第 2 号

机械制造与工藝科学研究所譯制

1959 年 6 月出版 内部發行

787×1092¹/₁₆開本 1—1,500 册 5 1 千字

东單印刷厂印刷 定價 0.86 元

目 錄

I、产品的規格.....	(1)
II、熔剂的化学性能和物理性能	(1)
III、熔剂的驗收技術条件	(2)
IV、在選擇各种溶剂化学成份方面所做試驗的簡短結論.....	(5)
V、熔剂的制造过程.....	(18)
VI、熔鍊各种熔剂用的原料.....	(23)
VII、製造熔剂的工厂工藝須知.....	(25)
VIII、用於自動电鐸与半自動电鐸的鐸絲.....	(29)

I. 自動焊所用之熔劑

I. 產品的規格。

a. 商品名称为自動焊用的熔劑其品种之牌号为: TK, JI, TMnII, TMnIIa, TMnIIP。

6. 自動焊用的熔劑是由熔煉过的粘土、方解石、鎂、和錳的砂石，綜合而成的。在 TK 及 TZ 熔劑中主要的組成成份是兩種合成砂石，即透輝石 ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$) 及鈣長石 ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)。

在 TMnII, TMnIIa, TMnIIP 熔劑中主要組成成份是亞錳砂石。

除了这些化合物之外，上面所述的熔劑中还含有螢石 (CaF_2)。另外在熔劑內还含有一些的次要成份如: FeO , TbO_2 , N_2O_2 , K_2O , P, S 等。这些成分中 FeO P 和 S 是有害的成份。这些混合物与原料一起混入熔劑中。

錳和鐵的氧化物 (Mn_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 及其他)，未熔原料之殘餘 (方解石，高嶺土，白云石及其他) 以及所有的有机成份都是非危險的。

II. 熔劑的化學性能和物理性能

自動焊用的熔劑是深灰色的 (TK, TZ) 或是淡棕褐色的 (TMnII, TMnIIa, TMnIIP) 碎粒狀的固体。

按照其化学物理性能熔劑是一种含有粘土的或鈣，鎂，錳的不穩定复式砂土的过冷液体。

錳熔劑与酸度为 $K=0.7-1.1$ 的冶金熔渣相似。

$$K = \frac{\text{MnO} + \text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$$

熔劑分为有錳熔劑和無錳熔劑兩種。

無錳熔劑的成份中主要是下列氧化物: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO 还有一些微量的 Na_2O , K_2O 。

有錳熔劑中除了氧化物 CaO , Al_2O_3 , MgO 以外起主要作用的有氧化物 SiO_2 和 MnO ，螢石 (CaF_2) 是所有熔劑中的用来提高其流動性的一个組成部份。

熔劑的一些技術数据:

TK 及 TZ 熔劑的比重为 2,700 公斤/立方米。

TMn II 和 TMn IIP 熔劑的比重为 2,880 公斤/立方米。

TK 熔劑的熔化溫度为 1280°C 。

TZ 熔劑的熔化溫度为 1290°C 。

比熱約為 0.3 仟卡/公斤 $^{\circ}$ 。

溫度為 1,500 $^{\circ}$ C 時的粘度約為 2—5 泊左右。

III. 熔劑的驗收技術條件:

1. 驗收產品: 自動及半自動焊熔接劑。

2. 熔劑類型 TK, TMnII, TMnIIa, TMnIIp。

3. 技術數據:

a. TK 熔劑 (無錳, 酸性熔劑。)

預定化學成份:

SiO₂ 48—52%

FeO 最大含量為 1.5%

CaO + MgO 35—42%

P 最大含量為 0.08%

Al₂O₃ 4—7%

S 最大含量為 0.08%

CaF₂ 3—5%

粒度: 0.1—1.5Mm

〔註〕TK 熔劑用於焊接, 強度為 36—50 公斤/平方毫米的結構鋼。

TK 熔劑適合於用所有的自動焊接機。

在焊接之前熔劑要進行乾燥。所允許的含水量不得超過 0.08%。此外, 在焊接之前鋼件應當清理乾淨。

6. TMnII 熔劑 (高錳熔劑)

化學成份:

SiO₂ 38—44%

CaF₂ 6—8%

MnO 40—45%

FeO 最大含量為 1.5%

CaO 最大含量為 5%

P 最大含量 0.15%

Al₂O₃ 最大含量為 4%

S 最大含量 0.10%

粒度: 0.1—3Mm

〔註〕: TMnII 熔劑用於焊接強度為 35—50 公斤/平方毫米的結構鋼。

熔劑 TMnII 適用於 (波蘭產品) ACT—1250 自動焊接機進行焊接, 同時也適用於所有蘇聯自動焊接機。

如果用 VPV (Кейв-берг) 用自動焊接時, 只要把 KTO 1,000 伏變壓器的次級線圈和抗流線圈作某些改裝之後, 就可用 TMnII 熔劑。

TMnII 熔劑不適合於半自動焊接。

在造船廠工作中應採用這種熔劑, 因為這種熔劑對潮濕和金屬腐蝕的敏感更不強。熔劑內含水量不得超過 0.1%。

在 TMnII 熔劑層下焊接成的焊缝沒有氣體夾雜物發生。

b. TMnIIa 熔劑 (高錳熔劑)。

熔劑的化學成份。

SiO₂ 41—45%

FeO 最大值为 1.5%

MnO 36—40%

P 最大值为 0.15%

CaO 5—7%

S 最大值为 0.10%

Al₂O₃ 6—8%

CaF₂ 3.5—5.5%

粒度: 0.1—1.5mm

〔註〕用於焊接强度为36—50公斤/平方毫米的結構鋼,

此种熔剂適合於國內所采用的各种自動机焊接。

TMnIIa 熔剂也適用於用未經过改裝变压器繞圈的, 未采用附加抗流圈的 Катберн IV 自動机焊接。当焊接發生困难时应改变变压器的次級繞圈。在焊接之前待焊接另件应進行清理。熔剂应在乾燥的房間內保存。熔剂內所含的水份不得超过0.08%在焊接已生銹的鋼板时或利用潮濕的熔剂焊接时, 在焊縫內常有很多的气孔出現。

r. TMnIIp 熔剂 (高錳熔剂):

熔剂的化学成份:

SiO₂ 41—45%

CaF₂ 1.5—3.5%

MnO 36—40%

FeO 最大量7.5%

CaO 5—7%

P 最大量 0.08%

Al₂O₃ 6—8%

S 最大量 0.10%

粒度: 0.1—1.5mm

〔註〕用於半自動焊接强度为36—50公斤/平方毫米的碳素結構鋼。

熔剂必須保持乾燥。熔剂中所允許的含水量为0.08%鋼件在焊接前要進行清理。

4. 熔剂質量的檢查。

熔剂每2—3噸 (一爐) 都要進行一次檢驗。

对成品熔剂要檢查:

a. 物理性能。

6. 化学性能。

u. 焊接性能。

物理性能的檢驗:

为了檢驗熔剂的物理性能, 在六爐熔剂 (同一原料的) 中各取出一公斤作为試样, 然後將这些試样混合起來, 再从其中取出約一公斤的混合試样。將此試样分为兩部份, 其中的一半用作雜質檢驗, 而另一半用作粒狀的檢查 (粉碎後的粒度)。

摻雜程度的檢驗:

不用放大器而用肉眼观察的方法來檢查熔剂的好坏, 熔剂中不能含有像煤粒那样的小顆粒, 未熔化的原料, 金屬顆粒等。

熔剂的顏色:

1. TMnII, TMnIIa, TMnIIp 熔剂的正確顏色应为淡褐色。深褐色或黑色的熔剂 (还原不足的) 作为廢品。綠色或深綠色也是不正確的熔剂顏色; 这样的熔剂僅可在与正確顏色的鋁剂按 1:4 混合之後采用。混合时檢查員應該在場參加。

2. TK 無錳熔剂的正確顏色是淡藍色的。而当为大顆粒时其顏色就變成了青潤色的。

熔剂的結構:

所有的熔剂的結晶体都是透明的。熔剂內不应有浮石狀的小顆粒存在。TK 熔剂內应只含有玻璃狀的透明小顆粒。TMnII, TMnIIa, TMnIIP 熔剂內可含有 5% 的浮石狀小顆粒。

粒度檢查: 粒度的檢查是測定其尺寸超过所允許的極限尺寸的顆粒數量及細粉數量的百分比。利用德國标准 II 7I 的篩孔直徑為 3, 1.5, 0.1mm 的篩子進行篩選大於允許直徑的顆粒數不得超過 2%。細粉的允許量為 1% (從直徑 0.1mm 篩孔中篩落下的小顆粒。)

化學成份的確定: 用該批所有各爐的熔剂混合試樣進行化學檢驗。熔剂每個組成成份都要合乎上述的規格。假如不合規格那麼整批熔剂全部報廢。

熔剂的濕度: 熔剂內所允許的含水量為 0.05%。當熔剂的濕度过大時則應進行乾燥。

熔剂的焊接性能: 每爐熔剂都應進行檢驗。為了進行熔剂焊接性能的工藝試驗, 從每爐熔剂中取出約三公斤的熔剂進行堆焊, 堆焊時保持下列焊接規範:

電流 850 安培。

電壓 38 伏特。

焊接速度 32 米/每小時。

堆焊應利用 ASI-1250, Мауивурф-Кельеорг, VTV-Кальберг 型的自動焊接機在含碳量低於 0.22% 的厚度為 15—35mm 的鋼板上進行。

用無錳熔剂 TK 進行工藝試驗時應該採用 Sp3 或 Sp3A 焊絲, 用 INnII, TMnIIa, TMnIIP 熔剂進行工藝試驗時應該採用 SpIA 型焊絲 (參看後面的講述)。

熔剂焊接性能鑑定:

優質熔剂應滿足如下條件:

a. 焊接時電壓波動不得超過 ±3 伏特 (當利用 TMnII 熔剂焊接時其波動可高些)。

б. 熔渣液容易從焊縫上除去。焊縫接觸的一面的熔渣表面應很光滑。

в. 焊縫的性能: 在長上的堆焊層要均勻。焊接表面要均稱不應有氣孔。

不合於這些條件的熔剂即為廢品。報廢了的熔剂重新焙煉。在一爐料中廢品熔剂不得超過 2%。

如果熔剂中大的顆粒超過 2%, 碎粉面超過 1% 則要重新過篩。熔剂必須是乾燥的, 熔剂中的水份要低於 0.1%。

5. 熔剂的包裝及保存。

熔剂保存在洋鐵桶內。如果沒有洋鐵桶熔剂所以保存在紙袋內。熔剂要保存在乾燥的倉庫內。在保存和運輸過程中要避免損壞其包裝。熔剂用封閉的車箱或汽車來運輸。要在每個紙袋上 (或鐵筒上) 打上熔剂的標號。

〔註〕: 紙袋是代用容器, 用兩層滌青和五層紙捲成的。不要用質量差的紙袋來包裝熔剂, 以免熔剂受潮和紙袋在運輸過程中損壞。

自動焊接用焊條的化學成份。

表 1.

熔 劑	焊 絲 類 型	焊 絲 的 化 學 成 份 %						
		C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
TK	SP3	最 大 量	15—1.9	最 大 量	最 大 量	最 大 量	最 大 量	最 大 量
	SP3A	0.12	1.9—2.5	0.08	0.20	0.20	0.030	0.030
TmnII	SP1A	最 大 量	0.35	最 大 量	最 大 量	最 大 量	最 大 量	最 大 量
TMnIIa		0.10	0.60	0.03	0.10	0.25	0.030	0.030
TMuIIp								

〔註〕在焊接之前要用噴砂机將焊絲清理乾淨。應取直徑為 5mm 的焊絲來進行工藝試驗。

IV. 在選擇各種熔劑化學成份方面所做試驗的簡短結論

a. 自動焊接沸騰 鋼用熔劑化學成份的選擇。

為自動焊接沸騰鋼制定了酸性熔劑。(酸度 = 0.66 液態熔劑中的游离 SiO_2 的濃度很大, 它促使起砂的還原反應以消除鋼內在熔煉時未被砂除盡的氧氣)。這種熔劑的牌號是 TKb。

“鈣專石透輝石”雙組成式共晶混合物的化學成份是酸性熔劑最根本的成份。

所試驗的熔劑化學成份列於表 2 中。

表 2.

熔劑牌號	化 學 成 份				溫 度 °C
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	
TKa	53.4	7.2	24.8	14.4	1260—1340
TKb	52.1	10.8	24.4	12.6	1260—1320
TKc	50	16	24	10	1260—共晶點
TKd	48	21.5	22.4	7.2	1260—1380
TKe	47.6	25.2	21.8	5.4	1260—1430
TKf	45.6	28.8	21.2	3.6	1260—1500

TKa, TKb, TKc 熔劑的焊接性能令人滿意的。正確焊成的焊縫沒有氣體夾雜物發生。

這種熔劑的唯一缺點是熔渣的難溶性, 它使焊縫表面不能均勻平整。

為了提高流動性, 在熔劑的成份中加入螢石同時減少 Al_2O_3 的成份。

TKb 熔劑具有最好的焊接性能。

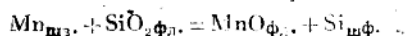
TKd, Tke, TKf 熔劑不適合於自動焊接, 因為這些熔劑難熔度很大, 同時用這些熔劑焊成的焊縫內會產生夾渣。

經過多次堆焊試驗之後決定採取 TK 熔劑，其化學成份如下：

SiO ₂	48—52%	FeO	最大量1.5%
CaO+MnO	35—42%	P	最大量0.08%
Al ₂ O ₃	4—7%	S	最大量0.08%
CaF ₂	3—5%		

6. 自動焊接鎮靜鋼用 TK 熔劑化學成份的選擇。

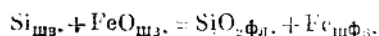
根據反應式：



我們可知由於 SiO₂ 本身的還原作用而將 Si 從熔劑中置換到焊縫中。因此在酸性熔劑層焊的焊縫內有大量的砂出現。

焊絲中之錳使 SiO₂ 還原。

在焊接沸騰鋼時上述之反應是很有利的。因為在反應過程中所產生的砂可使氧化鐵還原（可與液態金屬穩定）。



錳含砂 0.3% 以下的鎮靜鋼時熔渣中之附加數量的砂置換到焊縫中去是沒必要的。甚至是有利的。（砂会降低鋼的冲击韌性）因為 SiO₂ 是依靠焊絲中的錳來脫氧的。

焊縫金屬含砂量的增加數列於表 3. 中。

SiO₂ 含量不同的熔劑化學成份之對比列於表 4. 中。

表 3.

鋼中 SiO ₂ 的 含量%	焊縫金屬的化學成份 %					基本金屬的化學成份 %					鋼的 類 型
	C	Mn	Si	P	S	C	Mn	Si	P	S	
30	0.10	0.71	0.11	0.035	0.036	0.13	0.33	—	0.025	0.035	B—36 沸騰鋼
35	0.10	0.65	0.17	0.037	0.039	0.13	0.33	—	0.025	0.035	
40	0.10	0.65	0.19	0.032	0.042	0.13	0.33	—	0.025	0.035	
45	0.10	0.65	0.20	0.032	0.037	0.13	0.33	—	0.025	0.035	
50	0.10	0.58	0.30	0.031	0.053	0.13	0.33	—	0.025	0.035	B—41
50	0.14	0.55	0.50	0.033	0.025	0.17	0.75	0.25	0.03	0.02	

表 4.

№	化 學 成 份 %					
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	CaF ₂	CaO+MgO/SiO ₂
1	30	32	13	10	2	1.4
2	35	32	20	10	2	1.2
3	40	32	14	10	2	1.05
4	45	32	8	11	2	0.95
5	50	32	6	10	2	0.84

堆焊鋼板試樣用之焊絲的化学成份如下:

表 5.

焊 絲 類 型	C	Mn	Si	P	S
高 錳 焊 絲	0.13	1.6	0.08	0.03	0.02

研究結果(表3.)証明了在焊接沸騰鋼時應採用酸性熔劑,而焊接鎮靜鋼時用鹼性熔劑比較適合。

焊接研究所為了焊接鎮靜鋼特地制出了 TZ 牌号的鹼性熔劑(表6.)

表 6.

熔 劑 牌 号	化 學 成 份					
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	CaF ₂	Na ₂ O+K ₂ O
TZ	40	32	14	9	3	1

b. 自動焊接耐酸鋼用熔劑化学成份的選擇

熔劑化学成份的試驗主要是確定在鉚縫金屬的化学成分中氧化鉻所佔的數量,更仔細的研究是要確定在熔劑中 MnO、SiO₂ 的濃度。

將兩種熔劑(有錳熔劑和無錳熔劑)進行了試驗。在試驗有錳熔劑時採用了氧化錳(MnO)數量不同的熔劑進行了多次堆焊,並確定了由於氧化而造成的鉻的損失。無錳熔劑也進行了詳細的試驗,除了確定熔劑對鉚縫金屬中鉻的氧化過程的影響之外,並根據 SiO₂ 來確定熔劑之最合適的化学成份,同時還檢查了熔劑其余化学成份對熔劑焊接性能的影響。

被試驗熔劑的質量評定也就是檢驗焊接接頭和鉚縫的性能。即確定下列各數據:

- 1). 鉚縫金屬的化学成份。
- 2). 鉚縫金屬的清潔情況。(有否金屬雜質的存在)。
- 3). 耐蝕度。
- 4). 機械性能。
- 5). 鉚縫金屬孔隙度。
- 6). 熔劑的工藝焊接性能:例如外形,熔渣之可排除性,耐熱度等。

上面列舉之試驗按下列計劃進行:

1. 確定有錳熔劑中之 MnO 的含量對鉚縫內鉻之氧化程度的影響。
2. 確定無錳熔劑中 SiO₂ 含量對鉚縫中鉻之氧化程度的影響。
3. 改善根據上述試驗所選擇之熔劑的性能。
4. 焊接接頭及鉚縫金屬特性的研究,
 - a. 機械性能試驗。
 - b. 宏觀結構與顯微結構的研究
 - b. 鉚縫的 X 射線檢驗。
 - r. 耐蝕度的試驗。
1. 確定有錳熔劑中 MnO 含量對鉚縫金屬鉻之氧化程度的影響。

利用 SiO_2 为定量而 MnO 之含量遞增的系列焊劑來進行試驗。(MnO 之含量从 4 % 到 45 %) 上述焊劑之化学成份列於表 7 中。

表 7.

化 学 成 份	焊 劑 的 牌 号 及 其 化 学 成 份 %								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
SiO_2	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Al_2O_3	10	10	10	10	10	10	10	10	—
MnO	4	8	12	16	20	24	28	35	45
CaO	25	21	20	20	20	16	10	10	—
MgO	16	16	13	9	5	5	—	—	—
CaF_2	8	8	8	9	8	8	8	8	8
其 他	2	2	2	2	2	2	2	2	2

应用 MnO 含量不同的各种熔剂在 KNKL 類型的鋼板上采用 ENR3 鋼的焊絲在熔剂層下進行了數次堆焊試驗。

用 Маульwurf Кельберг 自動焊接机堆焊三層。从第三層內取出一些試样來進行化学成份試驗。

堆焊之金屬，焊絲及焊縫之化学成份对照載於表 8. 中。

表 8.

在 熔 剂 層 下 的 打 堆 焊

焊着金屬的化学成份	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	基本金屬及焊絲之化学成份	
										焊 絲	基本金屬
Mn	1.04	1.09	1.35	1.57	1.87	1.93	2.15	2.12	2.20	0.47	0.68
Si	0.77	0.70	0.70	0.65	0.56	0.74	0.74	0.60	0.58	0.40	0.38
Cr	16.81	16.33	16.60	16.47	16.26	16.18	16.09	16.09	15.74	18.68	17.14
Ni	8.13	8.80	8.52	8.56	8.64	8.44	8.44	8.64	8.25	8.32	7.56

从上表內可知在焊着金屬內鎢的燃燒过程是非常劇烈的。采用無錳熔剂焊接着金屬內鎢的損失約为 2 %，采用高錳熔剂鎢的損失達到 3 %。

隨着熔剂中氧化錳 (MnO) 含量的增加被焊材料中的含錳量也隨着增加，其原因是由鎢被氧化而產生氧化錳的还原化等反应。

2. 確定無錳熔剂中之 SiO_2 对焊着金屬內鎢之氧化程度的影响

准备一些熔剂試样以便進行試驗。这些熔剂試样內 SiO_2 (氧化剂) 之含量从 50 % 逐漸減少到 32 %。 SiO_2 含量低於 32 % 的不進行試驗，因为这些熔剂的焊接性能不好。逐漸減少 SiO_2 含量的熔剂的化学成份列於表 9. 中。★中的 TK, TZ 熔剂早已运用於自動焊接碳素鋼。

表 9.

熔劑之化學成份	試驗熔劑之牌號及組成成份之百分數				
	TK	TZ	TZ1	TZ2	TZ3
SiO ₂	52	40	37	35	32
Al ₂ O ₃	6	12	15	17	20
CaO	26	32	32	32	32
MgO	10	10	10	10	10
CaF ₂	4	4	4	4	4
其 他	2	2	2	2	2

按表9.中的化學成份熔煉熔劑進行了化學分析以求SiO₂之實際含量試驗的結果列於表10中。

表 10.

牌 號	TK	TZ	TZ1	TZ2	TZ3
爐料中 SiO ₂ 的含量%	52	40	37	35	32
熔劑中 SiO ₂ 的含量%	50.7	42.4	38.6	36.4	33.4

利用 SiO₂ 含量不同的一些熔劑及 KNR3 鋼制成的焊絲，在 KNR7 鋼板制成的槽形試樣上進行了若干次焊接試驗。按照下列規範進行了多層堆焊：電流 600—700 安培，電弧電壓 32—34 伏特，焊接速度 24 米/小時。

從焊層材料中取了些試樣來進行化學分析（檢查 Si, Cr, Ni 之含量）並做出一圓形試樣來進行機械試驗。將焊着的材料之另一部留下作耐蝕試驗。

化學成份實驗所得之結果列於表11中。熔渣的化學試驗之結果列於表 12 中。（確定 SiO₂ 及 Cr₂O₃ 之含量）。

表 11.

焊層金屬中之 Si, Cr, Ni 的含量%	在下列熔劑下焊成的熔渣金屬中的 Si, Cr, Ni 含量之百分比					焊絲中的含碳量
	TK	TZ	TZ1	TZ2	TZ3	%
Si	1.03	0.88	0.73	0.72	0.80	0.40
Cr	17.10	17.40	17.90	17.91	17.60	18.58
Ni	8.24	8.34	8.05	8.40	8.10	8.32

表 12.

組 成 成 份	熔 渣 內 SiO_2 及 Cr_2O_3 含 量 之 百 分 數				
	TK	TZ	TZ ₁	TZ ₂	TZ ₃
SiO_2	47.8	40.05	36.42	34.21	31.75
Cr_2O_3	2.16	1.25	1.05	1.03	1.08
Cr (把 Cr_2O_3 換算成鉻)	1.47	0.85	0.72	0.74	0.74

从表11中可知無錳熔劑在焊縫內所氧化的鉻要比有錳熔劑所氧化之鉻要少(參看表8.)

利用 TK, TZ₁, TZ₂, TZ₃ 熔劑所焊接的焊縫內鉻的損失要比利用有錳熔劑焊接的焊縫內鉻的損失少一倍。

所列举的熔劑中对焊縫金屬氧化作用最强的为 TK 酸性熔劑。

随着熔劑中 SiO_2 之含量的减少熔劑的氧化能力也跟着降低。熔劑中 SiO_2 的濃度的改变直接影响到反应平衡式的變動:



从利用化学方法所測得的一些焊着金屬中鉻的实际損失与利用計算方法(化学計量法)根据焊縫內硅之增量所算得之損失的比較中(表13)可知在利用無錳熔劑焊接的过程中鉻之氧化幾乎全是由於熔劑中之 SiO_2 的还原作用所產生。

表 13.

№	牌 号	TK	TZ	TZ ₁	TZ ₂	TZ ₃
1	焊縫內 Si 之增量 (ΔSi)	0.63	0.48	0.33	0.32	0.40
2	焊縫內鉻之实际損失	1.58	± 1.28	0.78	0.77	1.08
3	焊縫內鉻之損失(計算值)	1.56	1.19	0.82	0.79	0.99

表 13. 中所列举之第三項是按下列公式計算出:

$$\Delta \text{Cr} = \frac{52.01 \cdot \Delta \text{Si}}{0.75 \cdot 28.06}$$

式中:

ΔCr — 焊縫內鉻之損失

ΔSi — 焊縫內硅之增量。

52.01— 鉻之原子量。

28.06— 硅之原子量。

从表 11. 及 13. 的比較中可知为焊接鉻鐵鋼用熔劑中之 SiO_2 的含量根据冶金上的理由应为 32—37%。

TZ₂ 熔劑符合于这个要求。

3. 改善 TZ₂ 熔劑性能的試驗。

在以後的試驗里企图改变 TZ₂ 熔劑的化学成份来改善其性能。

力图靠减少 SiO_2 之含量來增加熔劑中 TiO_2 之含量。加 TiO_2 时是利用鈦的精選礦, 但是

企图这样來改善熔剂的性能是不会得到成功的。

後來又研究了 CaF_2 对熔剂性能之影响并確立了熔剂中 CaF_2 最适当的數量应为 $6 \div 11\%$ 。

TZ2 熔剂中 CaF_2 含量取为 8% 。

为了提高 TZ2 熔剂的流动性將 MgO 之含量减到 16% 。

这样所选配的 TZ2 熔剂的化学成份如下：

表 14.

成 份	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Mg	CaF_2	其 他
含量之百分數	36	14	25	16	8	最大量2.

熔剂的粉碎。

根据焊接金屬之厚度熔剂的粒度应选择如下：

表 15.

焊 接 金 屬 之 厚 度	熔 劑 粒 度 号	最大顆粒直徑	最小顆粒直徑
3 — 12	G 1a.	1.2	0.1
大於12.	G 1 I	1.0	0.1

4. 焊接接头及堆焊金屬之性能試驗。

a. 机械性能。

焊接金屬的机械性能列於表16中。用各种不同的熔剂進行堆焊。

表 16.

試 样 編 号	熔 劑	抗 断 强 度	伸 長 率	收 縮 率	冲击韌性千克·米·厘米 ²
1	TK	62.0	35	51.	13.4
2	TK	65.1	46	54	10.8
1	TZ	64.1	46	45	13.0
2	TZ	63.1	56	64	11.4
1	TZ2	64.5	45	52	11.2
2	TZ2	62.8	48	55	13.7

表 17. 中是用 TZ2 熔剂焊接的焊接接头机械性能的数据。焊接是在厚度为 3 及 8mm 的 KNR1 鋼板進行的，焊絲是由 KNP3 型 18/8 鋼制成。

表 17.

試样編號	金屬厚度 MM	抗断强度 KI/MM	弯曲角度 (度)	附 註
1	3	70.8	180	破裂在过渡區域內弯曲時沒有裂紋
2	3	68.7	180	破裂在基本金屬上弯曲時沒有裂紋
1	8	62.5	180	破裂在焊接金屬上弯曲時沒有裂紋
2	8	59.5	180	破裂在焊接金屬上弯曲時沒有裂紋

从表16.中可知熔剂的化学成份对焊缝金属的机械性能是没有重大影响的。

6. 曾用经过热处理及未经过热处理的试样进行了宏观金相试验及显微金相试验。

试样是在温度为1100°C下淬火的。

焊缝是在 KNR 钢板上用 KNR3 钢制焊丝 TZ2 熔剂焊成的。

未经热处理的焊接接头在过渡区域内有碳化铬存在，此碳化铬渗透在奥氏体的晶界上。

这经过淬火是发生前述的结构的原因。

经过热处理及未经热处理的试样中可观察到铸造材料的金相结构，在基本金属及焊缝金属上发现有許多非金属杂质。

b. 焊缝的射线试验。

用 TZ2 熔剂所焊接之焊缝的照上看出在焊缝金属上是没有气孔。

r. 焊缝金属耐蚀度的检验。

焊在1818钢板上的焊接接头能够忍受晶间腐蚀和普通的腐蚀。

熔剂对晶间腐蚀没有影响，但是如果熔剂质量不好则会使普通的腐蚀增加。

锈蚀首先是在熔剂上有氧化作用时会增强。

含有大量 SiO_2 的熔剂酸性焊剂会使焊缝内产生氧化物，该氧化物首先是由於焊缝中铬之氧化而形成的。

焊缝内有夹渣主要是由於熔剂之流动性不强所引起的。熔剂粒度这也可能是夹渣数量增多的原因。含有大量粉末状的熔剂也会引起细小而分散的夹渣。所进行的耐蚀度试验的目的在于确定熔剂化学成份对焊缝金属之耐蚀度的影响。

用 TK, TZ 及 TZ2 熔剂所焊接的金属试样进行了试验。堆焊金属试样经受了含氧酸及基本酸的作用。采用62%的硝酸溶液。(HNO₃—比重为1.4) 作为含氧介质。

在基本介质中进行试验时采用了 27% 的硫酸溶液 (H₂SO₄ 比重为 1.2) 及 3% 的盐酸溶液 (HCl)。

试样的耐蚀度在困难的条件下进行的试验是，受硝酸及盐酸的作用的试样在沸点温度下进行了试验，在硫酸内试验耐蚀度是在 50°C 下进行的。在所有情况下试样都预先在1100°C下淬火，以消除於可能产生之晶间腐蚀所引起的别的影响。每隔六小时检查样品的重量损失。所得之结果列於表18中。根据表18来计算重量腐蚀速度以克/每平方米每晝夜为单位。(表19)

腐蚀速度按下列等式计算之。

$$V_p = \frac{A \cdot G}{P \cdot t} \times 10^4$$

式中 ΔG — 试样重量的减少量 [克为单位] 从表18中得)

P — 试验前试样之工作表面 [CM²]

t — 腐蚀剂的作用时间。 [以晝夜为单位]

试样之耐蚀度与1818钢板之耐蚀度进行了比较，试验所得之结果与 Ф.Рихтера 所著之“金属材料之耐蚀度”一书之数据进行了比较。

表 18. (用熔剂的符号来代表焊接金属之试样)

腐 蝕 劑	試符样号	試 样 之 重 量 損 失 G 克				試样受腐蝕劑 作用後之外形
		6 小時後	12 小時後	18 小時後	24 小時後	
62%的硝酸溶 液在沸點溫度 下	TK	0.016	0.0206	0.0256	0.0301	試样表面均匀 平整沒有發生 变化
	TZ	0.013	1.0167	0.0207	0.0237	
	TZ2	0.013	0.0151	0.0180	0.0212	
27%的硫酸溶 液溫度为50°C	TK	0.2465	0.3632	0.4100	0.4522	試样表面被腐蝕 了可以看到焊縫 的大粒的結晶構
	TZ	0.2208	0.2990	0.3400	0.4080	
	TZ2	0.0654	0.0806	0.2928	0.2928	
3%的鹽酸溶液 溫度为沸點溫度	TK	4.73	8.58	12.60	17.05	在試样表面有顯 著的凹陷。
	TZ	3.12	4.49	7.55	12.10	
	TZ2	2.93	4.25	6.05	11.82	

表 19.

腐 蝕 劑	堆焊材料的 試样符号	試 样 工 商 作 表	單絲根部被 腐蝕前試样 之重量 G1	焊縫根部被 腐蝕之後試 样之重量 G2	24 小時後試 样之重量損 失 (克)	腐蝕速度克 (公尺 ²) ² 每晝夜。
62%的硝酸溶液 (比 重为 1.4) 沸點溫度	TK	12.25	19.833	19.803	0.030	24.1
	TZ	12.63	20.116	20.093	0.023	19.2
	TZ-2	12.40	20.050	20.029	0.021	16.8
27%的硫酸溶液比 重 1.2 溫度为 50°C	TK	12.67	20.496	20.004	0.492	385
	TZ	12.46	19.993	19.583	0.403	309
	TZ-2	12.54	20.301	20.008	0.293	234
3%的鹽酸溶液溫 度为沸點溫度	TK	12.15	19.804	2.754	17.050	1.4×10^4
	TZ	12.55	19.186	7.085	12.101	0.96×10^4
	TZ-2	12.60	20.240	8.420	11.820	0.94×10^4

表 20.

№	硝酸溶液的比重 (克/厘米 ³)	溫度为 20°C 時的腐蝕速度 克/米 ² 每晝夜	沸點時的腐蝕速度 克/米 ² 每晝夜
1.	1.045	小于 2.4	小于 2.4
2.	1.234	小于 2.4	小于 2.4
3.	1.400	小于 2.4	小于 24.0
4.	1.520	小于 2.4	小于 240.0