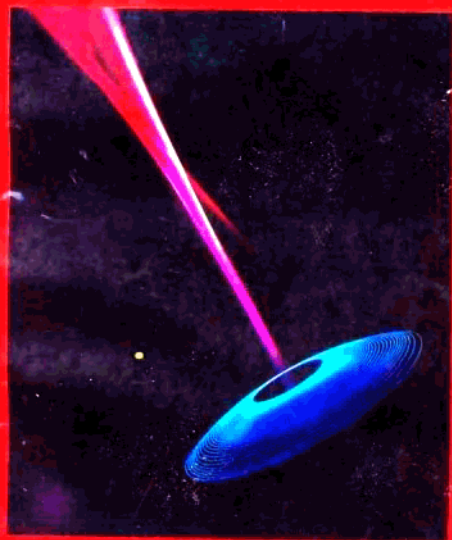


神钢焊接材料手册



株式会社 神戸製鋼所

未经株式会社神戸製鋼所の允
許，不得对本书或其中的一部分进行
转载、修改或另行出版。

前 言

株式会社神户製鋼所是日本的大型钢铁企业之一，除生产各种钢铁、钛、铸锻钢、焊接材料、机械、工具、成套设备、铝、铜等外，还从事情报通讯电子工程、产业机器人和高功能材料等新领域的业务。

神户製鋼建于1905年，并从1940年起生产焊接材料，此后相继在各方面进行了研究开发工作。到目前为止，可生产出能满足各个领域要求的高质量的焊接材料，除供日本国内使用外，还向世界各地70多个国家出口。神户製鋼的焊接材料年产量约15~20万吨，在日本国内的市场占有率约50%；在国外以合资和技术提携方式建立的生产点为中心，可在较短的交货期内供应与日本国内产品同质量的焊接材料。

本手册介绍的焊接材料，是在日本国内及国外广泛采用的各种牌号，除了介绍焊接材料的性能外，还叙述了在各处使用时的焊接施工要点，希望将两者结合起来考虑，灵活运用。

1993年

株式会社神户製鋼所溶接事業部

使用 说 明

使用本手册时，请注意如下事项。

▲标准的缩写

JIS 日本工业标准 (Japanese Industrial Standards)

AWS 美国焊接协会标准 (American Welding Society)

▲焊接材料的标准按如下区别使用

1. JIS

(1) 标出某标准号码和类型 < 例 > JIS Z3211 D4316
这表明符合JIS标准。

(2) 标出相当于某标准号码和类型 < 例 > 相当于 JIS Z3211 D4316
这表明与某标准相一致，但不符合JIS标准。

(3) 用括号标出类型 < 例 > JIS (D4316)
这表明与某标准基本一致，但有的方面与标准不吻合。(例如化学成分中Mn的量与标准规定稍有不同)

2. AWS

(1) 标出某标准号码和类型 < 例 > AWS A5.1 E6011
这表明符合AWS标准。

(2) 标出相当于某标准号码和类型 < 例 > 相当于AWS A5.1 E6011
这表明主要性能 (化学成分、力学性能等) 相一致，

但包装等其它方面与标准不吻合。

(3) 用括号标出类型 <例> AWS (E6011)

这表明与某标准基本一致, 但有的方面与标准不吻合
或有时与标准不吻合。

▲熔敷(焊缝)金属的各种试验条件规定如下

1. 夏比冲击吸收功: 除另有注明外, 均为 2mmV 型缺口试样在 0℃ 的冲击吸收功, 用 A_k 表示。
2. 屈服强度 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 、抗拉强度 σ_b 、伸长率 δ 等, 除另有注明外, 均为焊态 (AW) 在常温下的试验值。
3. 在拉伸试验中, 当不注明标距时, 常温拉伸的标距为 $4 \times D$; 高温拉伸的标距为 $5 \times D$ 。D 表示试样平行部分的直径。
4. 在热处理条件方面, 除了温度、时间外, 无特别注明时均表示为炉冷。
5. 关于电源, 无注明时均为交流 (AC) 电源。

▲牌号右上角的 * 表示订货后生产的品种。

<例> KOBE—6010*

不带 * 的牌号, 根据尺寸及包装形式要求不同, 有时也是订货后生产, 请予谅解。

▲本手册中介绍的焊接材料标准 (JIS, AWS) 分类如下。

1. JIS

- ① 低碳钢用手工电弧焊焊条 (JIS Z3211—1986)
- ② 高强钢用手工电弧焊焊条 (JIS Z3212—1990)
- * ③ 耐大气腐蚀钢用手工电弧焊焊条 (JIS Z3214—1987)
- ④ 不锈钢用手工电弧焊焊条 (JIS Z3221—1983)
- ⑤ 钼及铬钼耐热钢用手工电弧焊焊条 (JIS Z3223—1987)

- ⑥镍及镍合金用手工电弧焊焊条 (JIS Z3224—1986)
- *⑦9% Ni钢用手工电弧焊焊条 (JIS Z3225—1985)
- *⑧铸铁用手工电弧焊焊条 (JIS Z3252—1976)
- *⑨铜及铜合金用手工电弧焊焊条 (JIS Z3231—1983)
- *⑩低温钢用手工电弧焊焊条 (JIS Z3241—1988)
- ⑪堆焊用手工电弧焊焊条 (JIS Z3251—1981)
- ⑫低碳钢及高强钢MAG焊接用实芯焊丝 (JIS Z3312—
1983)
- ⑬低碳钢及高强钢电弧焊接用药芯焊丝 (JIS Z3313—
1987)
- *⑭耐大气腐蚀钢CO₂焊接用实芯焊丝 (JIS Z3315—
1987)
- *⑮低碳钢及低合金钢TIG焊接用焊棒和焊丝 (JIS Z3316
—1983)
- *⑯钼及铬钼钢MAG焊接用实芯焊丝 (JIS Z3317—1985)
- *⑰钼及铬钼钢MAG焊接用药芯焊丝 (JIS Z3318—
1985)
- *⑱气电立焊用药芯焊丝 (JIS Z3319—1986)
- *⑲耐大气腐蚀钢CO₂焊接用药芯焊丝 (JIS Z3320—
1987)
- ⑳焊接用不锈钢焊棒及焊丝 (JIS Z3321—1985)
- *㉑不锈钢带极堆焊焊接材料 (JIS Z3322—1975)
- ㉒不锈钢电弧焊接用药芯焊丝 (JIS Z3323—1983)
- *㉓9% Ni钢TIG焊接用焊棒和焊丝 (JIS Z3332—1985)
- *㉔9% Ni钢埋弧焊接用焊丝和焊剂 (JIS Z3333—1985)
- *㉕铜及铜合金惰性气体保护焊用焊棒和焊丝 (JIS Z3341
—1983)
- *㉖碳钢及低合金钢用埋弧焊焊丝 (JIS Z3351—1988)
- *㉗碳钢及低合金钢用埋弧焊焊剂 (JIS Z3352—1988)

*②③碳钢及低合金钢埋弧焊熔敷金属质量分级及试验方法
(JISZ3183—1988)

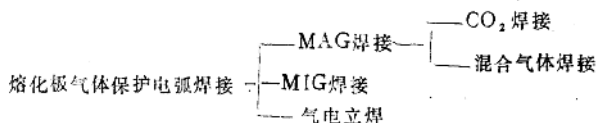
：有此标记的标准是不适用于JIS标记的表示制度。

2. AWS

- ①碳钢用手工电弧焊焊条 (AWS A5.1—1991)
- ②耐腐蚀铬及铬镍钢用手工电弧焊焊条 (AWS A5.4—
1981)
- ③低合金钢用手工电弧焊焊条 (AWS A5.5—1981)
- ④铜及铜合金用手工电弧焊焊条 (AWS A5.6—1984)
- ⑤铜及铜合金用焊棒及焊丝 (AWS A5.7—1984)
- ⑥耐腐蚀铬及铬镍钢用焊棒及焊丝 (AWS A5.9—1981)
- ⑦镍及镍合金用手工电弧焊焊条 (AWS A5.11—1983)
- ⑧堆焊用焊棒及手工电弧焊焊条 (AWS A5.13—1980)
- ⑨镍及镍合金用焊棒及焊丝 (AWS A5.14—1983)
- ⑩碳钢埋弧焊接用焊丝、焊剂 (AWS A5.17—1980)
- ⑪碳钢气保焊用焊丝和药芯焊丝 (AWS A5.18—1979及
A5.20—1979)
- ⑫耐腐蚀铬及铬镍钢用药芯焊丝 (AWS A5.22—1980)
- ⑬低合金钢埋弧焊接用焊丝 (AWS A5.23—1980)
- ⑭低合金钢埋弧焊接焊缝金属化学成分 (AWS A5.23—
1980)
- ⑮预热、层间温度及热处理温度的规定 (AWS A5.23—
1980)
- ⑯关于拉伸性能的规定 (AWS A5.23—1980)
- ⑰关于冲击性能的规定 (AWS A5.23—1980)
- ⑱焊剂的分类方法 (AWS A5.23—1980)
- ⑲低合金钢用焊棒及焊丝 (AWS A5.28—1979)
- ⑳焊缝金属的机械性能 (AWS A5.28—1979)
- ㉑低合金钢用药芯焊丝 (AWS A5.29—1980)

▲部分焊接方法及产品名称发生的变化

1. 气体保护电弧焊接（熔化极）的称呼按JIS规定分类如下：



(1) MAG焊接是包括 CO_2 焊接和Ar气与超过5%的 CO_2 或超过2%的 O_2 等混合气体保护焊接的总称，这些混合气体均属氧化性保护气体。

(2) MIG焊接是指以Ar气等惰性气体为主要保护气体的熔化极气体保护电弧焊接，它包括纯Ar等惰性气体保护和在惰性气体中加入少量活性气体（例如2%以下的 O_2 或5%以下的 CO_2 ）作保护气体的焊接。

2. 关于埋弧焊接的焊剂，以前称呼为熔炼型焊剂和烧结型焊剂，但是随着标准JIS Z3352—1988“碳钢及低合金钢用埋弧焊焊剂”的制定，对焊剂的称呼改为熔炼型焊剂和粘结型焊剂。另外，有关焊丝与焊剂的组合表示，应遵照标准JIS Z3183—1988“碳钢及低合金钢埋弧焊熔敷金属质量分级及试验方法”的规定执行。

▲焊接材料的船级认可应取得神户製钢所的确认证。

目 录

第一章 低碳钢及50公斤级高强钢用焊接材料	(1)
一、手工电弧焊接用 焊 条	(1)
二、MAG焊接用药芯焊丝	(31)
三、MAG焊接用实芯焊丝	(40)
四、TIG焊接用焊接 材料	(52)
五、自保护焊接用焊接 材料	(54)
六、埋弧焊接用焊接 材料	(57)
七、电渣焊接用焊接材料	(76)
八、气电立焊用焊接材料	(81)
第二章 耐大气腐蚀钢用焊接材料	(86)
一、手工电弧焊接用 焊 条	(90)
二、MAG焊接用药芯焊丝和实芯焊丝	(94)
三、埋弧焊接用焊接 材料	(96)
第三章 60~80公斤级高强钢用焊接材料	(100)
一、手工电弧焊接用 焊 条	(102)
二、MAG焊接用药芯焊丝和实芯焊丝	(112)
三、TIG焊接用焊接 材料	(118)
四、埋弧焊接用焊接 材料	(119)
五、气电立焊用焊接 材料	(129)
第四章 低温钢用焊接 材料	(131)
一、手工电弧焊接用 焊 条	(134)
二、MAG焊接用药芯焊丝和实芯焊丝	(142)
三、TIG焊接用焊接 材料	(146)
四、埋弧焊接用焊接 材料	(148)
五、9%Ni钢的焊接	(160)
第五章 低合金耐热钢用焊接材料	(164)
一、手工电弧焊接用 焊 条	(164)
二、MAG焊接和MIG焊接用焊接 材料	(182)

三、TIG焊接用焊接材料	(193)
四、埋弧焊接用焊接材料	(200)
第六章 不锈钢用焊接材料	(209)
一、手工电弧焊接用焊条	(209)
二、MAG焊接用药芯焊丝	(232)
三、MIG焊接用焊丝	(248)
四、TIG焊接用焊接材料	(252)
五、埋弧焊接用焊接材料	(266)
六、带极堆焊	(272)
第七章 耐磨堆焊用焊接材料	(280)
一、手工电弧焊、气焊及TIG焊接用焊接材料	(282)
二、MAG焊接用药芯焊丝和实芯焊丝	(308)
三、埋弧焊接用焊接材料	(314)
四、带极堆焊用焊接材料	(320)
五、粉末等离子弧焊接	(326)
第八章 铸铁用手工电弧焊焊条	(330)
第九章 铜合金用MIG、TIG焊接材料	(334)
第十章 镍及镍合金用焊接材料	(339)
一、手工电弧焊接用焊条	(339)
二、MIG焊接用焊丝	(342)
三、TIG焊接用焊接材料	(342)
四、带极堆焊	(348)
第十一章 神钢高效焊接方法及衬垫材料	(350)
一、高效焊接方法	(350)
二、衬垫材料	(356)
附录	(366)
一、焊条烘干条件一览表	(366)
二、焊剂烘干条件一览表	(368)
三、异材质接头用焊接材料选择方法	(插页)
四、钢的维氏硬度近似换算值	(369)
索引	(373)

第一章 低碳钢及50公斤级高强度钢用焊接材料

一、手工电弧焊接用焊条

1. 根据特性来选择焊条的方法

推荐按下表中的特性选用焊条

特 性		焊 条 牌 号
高 效 焊 接	采用重力焊及低角度焊机焊接横角焊缝	ZERODE-27, ZERODE-43F, LTB-51A, LTB-52A, ZERODE -50F, LBF-52A
	高效立焊	LB-26V, LB-52V
	高熔敷速度对接焊	LB-52-18, LB-52-28
	高效定位焊、断续焊	ZERODE-44, LB-24, LB-52T
	高效单面焊双面成形	LB-52U
改 善 环 境	低尘系列	ZERODE-44, ZERODE-27 ZERODE-43F, ZERODE-50F
	低毒系列	LBM-52, LB-50A
提 高 焊 接 性	极低氢系列 ^① (扩散氢 $\leq 6\text{mL}/100\text{g}$)	LB-50A, LB-52A, LBM-52 LB-52V
	超低氢系列 ^① (扩散氢 $\leq 4\text{mL}/100\text{g}$)	LB-52UL
	提高疲劳强度	LBF-52A
	防止低氢型焊条引弧时的气孔	焊芯端头加工的焊条 (包装箱上用 ^② 表示)

①扩散氢量按JISZ3118标准测定。

2. 焊接操作要点

低碳钢及50公斤级高强度钢的手工电弧焊接,是目前非常通用的方法。尽管如此,在焊条的使用方法及焊接施工管理方面仍需加以注意,以使焊接区的性能得到提高并可避免焊接缺陷的产生。每一焊条牌号的使用注意:

事项已分别作出说明，但从总体来说，如下各点应予充分重视，以期获得更好的焊接结果。

(1) 要在干燥的仓库等处存放焊条。

(2) 将焊条拿到施工现场时，最多只能拿去半天内所使用的焊条数量。

(3) 即使是非低氢型焊条，使用前进行烘干，对确保良好的焊接工艺性能和提高X射线合格率也是有效果的。烘干条件请参照各牌号的相应说明或参照烘干条件一览表。另外，焊条是否过量吸湿，可根据下列情况进行判断，即焊条外表颜色变黑、飞溅率通常变大、电弧过强、熔渣的覆盖性变差等。

(4) 对低氢型焊条来说，经烘干之后要放入施工现场附近的保温箱中($100\sim 150^{\circ}\text{C}$)，每次取少量供使用，这样可保持熔敷金属扩散氢量在低的水平上。

(5) 当使用气体火焰进行预热或去除焊接部位的水分时，必须加热到 100°C 以上。否则，在 100°C 以下加热反而有可能吸附水分。

(6) 采用定位焊接时，焊接后的熔渣和烟尘有可能成为焊接区吸附水分的原因，焊后应立即去除。

(7) 在室外焊接时，如果风速超过 3m/s 的话，要采用防风措施。进入焊缝中的氮将成为冲击值和X射线合格率下降的原因。

(8) 即使焊接低碳钢，当采用非低氢型焊条焊接厚板时，为防止因扩散氢引起的热影响区及焊缝裂纹，施工时应作适当预热并保持一定的道间温度。

(9) 为了得到高的冲击性能，减少每一层熔敷金属的厚度是有效的。

(10) 气保焊或自保护焊的装饰焊接及返修焊接应采用低氢型焊条，其它焊条易产生凹坑及气孔等缺陷。

重要结构全位置焊接用

用途 焊接低碳钢制造的船舶、车辆、建筑等重要结构。

使用特性 该焊条是兼顾工艺性能和焊接性能而设计的，适于薄板、中板及厚板（1.6~20mm左右）的全位置焊接，包括对接和角接头。横角焊接时熔渣覆盖良好，焊缝与母材间平滑过渡，成形美观。另外，立焊和仰焊时熔渣流动性好，是钛铁矿型焊条中最容易操作的焊条，故其X射线合格率和焊缝力学性能均良好，在焊工资格考试及技能表演时几乎都采用该焊条。

操作要点①使用电流过大时易引起X射线合格率下降、飞溅增加、产生咬边熔渣的覆盖性变差等，是工艺性能恶化的原因，故应保证合适的电流范围。

②焊条受潮过量时，焊接工艺性能变差，且产生凹坑，应在70~100℃烘干30~60min再使用。

③烘干时间过长及温度过高时，尽管表面上看不出变质，但它将引起熔深减少，并成为焊条发红的原因，故应避免。

④焊接中、厚板时，应采用适当预热和保持道间温度。

熔敷金属化学成分一例（%）

C	Si	Mn	P	S
0.10	0.10	0.43	0.017	0.008

熔敷金属力学性能一例

σ_t , N/mm ²	σ_b , N/mm ²	δ , %	A_{KV} , J
400	460	32	110

焊条尺寸及电流范围（AC或DC正接、反接）

直径, mm	2.5	3.2	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0
长度, mm	350	400	450	450	450	450	450 550	450 550
电流范围 A	平焊 55~90	85~140	130~190	155~220	180~260	240~310	300~370	350~440
	立、 仰焊 45~75	60~120	100~160	120~180	135~210	—	—	—

尾部着色：浅灰色，无二次着色。

重要结构全位置焊接用

用途 焊接低碳钢制造的船舶、建筑、机械等重要结构。

使用特性 该焊条是以焊接性能为重点而设计的，在钛铁矿型焊条中具有最优良的抗裂性、耐凹坑性和X射线合格率。因此，自开发以来（1942年）具有极高信誉，已得到了广泛地应用。焊接时熔深较大，脱渣性优良，可焊接25mm以下的各种厚度的钢板。

操作要求 ①使用电流过大时易引起X射线合格率下降、飞溅增加、产生咬边、熔渣的覆盖性变差等缺陷，是工艺性能恶化的原因，故应保证合适的电流范围。

②焊条吸潮过量时，焊接工艺性能变差，且产生凹坑，应在70~100℃烘干30~60min再使用。

③烘干时间过长及温度过高时，尽管表面上看不出变质，但它将引起熔深减少，并成为焊条发红的原因，故应避免。

④焊接中、厚板时，应采用适当预热和保持道间温度。

熔敷金属化学成分一例（%）

C	Si	Mn	P	S
0.03	0.08	0.50	0.014	0.010

熔敷金属力学性能一例

σ_s , N/mm ²	σ_b , N/mm ²	δ , %	A_{KV} , J
410	460	31	98

焊条尺寸及电流范围（AC或DC正接、反接）

直径, mm	2.5	3.2	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	
长度, mm	350	350	400 450	400 450	400 450	450	450	450 550	
电流 范围 A	平焊	50~85	80~130	120~180	145~200	170~250	240~310	300~370	350~400
	立、 横焊	40~70	60~110	100~150	120~180	130~200	—	—	—

尾部着色：黄色，无二次着色。

TB-24

JIS Z3211 D4303

相当于 AWS A5.1 E6013

一般结构用

用途 焊接低碳钢制造的船舶、车辆、建筑、桥梁等一般结构，焊接立焊、仰焊的装饰焊缝。

使用特性 该焊条属钛钙型药皮，全位置焊接时具有良好的工艺性能、X射线合格率和力学性能。特别是立焊、仰焊时，熔渣的流动性良好，不易产生咬边、易于操作，焊道成形美观。用于角焊缝的向上立焊时，焊道平滑不出现过大的余高，焊接效率明显提高。鉴于上述特性，该焊条适于立焊、仰焊位置的装饰焊接。

操作要点 ①因为再引弧性稍差，故不适于断续焊接，在这种情况下可采用ZERODE-44等焊条。

②使用电流过大时易引起X射线合格率下降、飞溅增加、产生咬边、熔渣的覆盖性变差等缺陷，是工艺性能恶化的原因，故应保证合适的电流范围。

③焊条吸潮过量时，焊接工艺性能变差，且产生凹坑，应在70~100℃烘干30~60min再使用。

④焊接中、厚板时，应采用适当预热和保持道间温度。

熔敷金属化学成分一例(%)

C	Si	Mn	P	S
0.08	0.09	0.35	0.014	0.012

熔敷金属力学性能一例

$\sigma_s, \text{N/mm}^2$	$\sigma_b, \text{N/mm}^2$	$\delta, \%$	A_{KV}, J
420	460	32	120

焊条尺寸及电流范围(AC或DC正接、反接)

直径, mm	2.0	2.5	3.2	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0
长度, mm	300	350	350	400	400	400	450	450	450
电流范围 A	平焊	40~60	65~100	100~140	140~190	170~230	200~260	250~330	310~390
	立、仰焊	30~60	50~90	80~130	110~170	125~190	140~210	—	—

尾漆着色：银灰色，无二次着色。

ZERODE-44

低尘型、薄、中板用

JIS Z3211 D4303

相当于 AWS A5.1 E6013

用途 焊接低碳钢制造的车辆、轻型钢架、建筑等一般结构。

使用特性 该焊条属低尘钛钙型药皮，与过去的同类型焊条相比较，焊接时其发尘量约降低30%，对于不能充分换气及窄狭部位的焊接是有效果的。再引弧性极佳，焊道与母材平滑过渡，脱渣性是同类型焊条中最好的，故特别适于断续焊接、角缝焊接及定位焊接等。药皮的可挠性良好，能够弯曲后使用。直径小于3.2mm的焊条可用于向下立焊。另外，该焊条属难吸潮型焊条，在通常的保管条件下不需要进行再烘干。

操作要点 ①使用电流过大时，易引起X射线合格率下降、飞溅增加、产生咬边、熔渣的覆盖性变差等缺陷，是焊接工艺性能恶化的原因，故应保证合适的电流范围。

②焊条吸潮过量时，焊接工艺性能变差，有时产生凹坑，应在70~100℃烘干30~60min再使用。

熔敷金属化学成分一例(%)

C	Si	Mn	P	S
0.02	0.11	0.31	0.014	0.012

熔敷金属力学性能一例

$\sigma_s, \text{N/mm}^2$	$\sigma_b, \text{N/mm}^2$	$\delta, \%$	A_{KV}, J
400	450	33	110

焊条尺寸及电流范围(AC或DC正接, 反接)

直径, mm		2.0	2.6	3.2	4.0	5.0	6.0
长度, mm		300	350	350	450	450	450
电流 范围 A	平焊	30~60	60~100	100~140	140~190	190~250	250~330
	立、仰焊	25~55	50~90	90~130	120~170	140~210	—

尾部着色：银灰色，二次着色：青白色。

RB-26

焊接薄板、轻型结构

HS Z3211 D4313
相当于 AWS A5.1 E6013

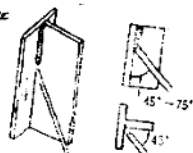
用途 焊接低碳钢制造的铁路车辆、汽车等薄板、轻型结构。

使用特性 该焊条属高氧化钛型药皮，直径为1.6~5.0mm的焊条均可用于向下立焊。电弧稳定、飞溅少、焊道光亮。熔深浅，适于薄板、轻型结构的焊接，最适于以向下立焊为主的结构。

操作要点 ①进行向下立焊时，按图中给出的角度使焊条套筒轻轻接触钢板。施焊时不运动，直线运条，焊接电流范围与平焊时相一致。

②使用电流过大时易引起X射线合格率下降、飞溅增加、产生咬边、熔渣的覆盖性变差等，是焊接工艺性能恶化的原因，故应保证合适的电流范围。

③焊条受潮过量时，焊接工艺性能变差，有时产生凹坑，应在70~100℃烘干30~60min再使用。



熔敷金属化学成分一例(%)

C	Si	Mn	P	S
0.08	0.26	0.38	0.012	0.012

熔敷金属力学性能一例

$\sigma_s, \text{N/mm}^2$	$\sigma_b, \text{N/mm}^2$	$\delta, \%$	A_{kv}, J
430	500	25	—

焊条尺寸及电流范围(AC或DC正接, 反接)

直径, mm	1.6	2.0	2.6	3.2	4.0	5.0	6.0	
长度, mm	250	300	350	350	400	400	450	
电流 范围 A	平焊	20~45	30~65	45~95	60~125	105~170	150~220	200~280
	向下立焊 立、仰焊	20~45	30~65	45~95	60~125	100~150	125~190	—

尾部着色：黑色，无二次着色。