

AISI: ≈ 316 L    JIS: SUS 316L    EN: ≈ X2CrNiMo 17 13 2    DIN: X2CrNiMo 18 14 3    Wst Nr: 1.4435

### 历史简介

为了应有些特别工业领域对耐腐蚀性,高切削性及不对人体产生敏感的钢种的需求,瑞士精工业研发了316L-PM™。这种经改良的316L钢是拥有较好化学性质,细致的微细结构及受严格杂质量控制的1.4435钢类。这到最优化的化学成份及微细结构及没有夹杂物。

### 产品解说

316L-PM™是一种含铬,镍及钼的奥氏体钢,它以316L 1.4435 钢类的化学成分为依微细结构的极高要求,尤其是洁净度方面,即使是不同批次的生产它仍能保持相当稳定的机械与化学性质。它的最佳优点在于拥有超高的耐腐蚀性,尤其在盐性或氯性环境里的抗点蚀能力。除此以外,它的夹杂物相当低,所以可以达到非常细致的表面修磨效果。

这种钢类含有受控于0.015-0.03%的硫含量,惹当相比于标准级的316L 1.4435,可改良切削性。

### 其他相等金属

316L-PM™合金为 Wst Nr 1.4435 钢种,它和其他 316L 合金如 Wst Nr 1.4435 和 1.4404 以及316LS-PXQ™ (Wst Nr 1.4427 So) 属同一类合金。因此它可以和此类合金并用而不会因电流潜在力相异导致任何腐蚀。

### 化学成分(% weight)

碳 (carbon)	<0.030	硫 (sulphur)	0.015-0.03
矽 (silicon)	<1.00	镍 (nickel)	12.5 - 15.0
锰 (manganese)	<2.00	铬 (chromium)	17.0 - 19.0
磷 (phosphorous)	<0.045	钼 (molybdenum)	2.50 - 3.00

### 其他元素

为了限制有害于日后表面加工的硬氧化物的形成,其中钛,铝和铌的含量将受制于最低水平,通常低于0.010%。在这同时,铜质类杂质亦受控于0.40%以下以免降低此钢种的抗腐蚀能力。

### 微细构造

316L-PM™是采用特殊的合金制造过程以确保其极度微细的晶体结构(低于ASTM 6的水准),低delta的铁素体质,无西马过程(sigma phase)及含微量的夹杂物。根据 ASTM Practice E 45 A 方法测试,除用Plate III以外,316L-PM™的显微洁净度比以下几种化合物都较高。

硫化物		铝		矽		球状氧化物	
Sulfide A		Alumina B		Silicate C		Globular Oxide D	
薄	厚	薄	厚	薄	厚	薄	厚
1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0

## 物理性质数据

密度 $\rho$ [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	7,900	热导值 $\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	15.0
电阻系数 $\rho$ [ $\mu\Omega\cdot\text{m}$ ]	0.75	处于摄氏100度的热膨胀 $\alpha$ [ $10^{-6}\text{C}^{-1}$ ]	16.0
平均比热 $C_p$ [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	500	处于摄氏20度的弹性系数 $E$ [Gpa]	200

## 机械性质数据

状况	屈服强度 [Mpa]	抗拉强度 [Mpa]	延伸率 [%]	硬度 [Hv]
退火	200	500 - 700	40	160 - 200 +/-20
全硬	1300	1400	5	430 +/-20

## 磁性质

316L-PM™ 钢材在退火 状况下是非磁性的, 不过在过度冷加工之后会 略带磁性。

## 耐腐蚀性质

316L-PM™ 拥有超乎其他奥氏体钢种如304L以及 316L 等较一致且更好的抗点蚀作用。那是由于它结合了以下种种优点如超过26的PRE值, 最低含铜量和被严格控制的夹杂物含量。

即使在重复热处理的情况下, 它的低含碳量减低了它对碳化 铬析出 ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ) 的敏感度, 固减低了晶间腐蚀的可能。

合金类	PRE	点密度 Pit density (pits/cm <sup>2</sup> )			
		FeCl <sub>3</sub> , 0.5% 50° C, 2 hours	FeCl <sub>3</sub> , 0.1% 37° C, 15 days	NaCl, 0.5% 37° C, 26 days	NIHS sweat 37° C, 30 days
316L-PM™	26.0	测试结果尚在整理当中			
AISI 316F	22.8				
AISI 303	17.0				
316L 1.4435	25.3				
AISI 316L	22.6				
JIS SUS 316L	22.6				
AISI 304L	18.0				

注：以上这项测试是跟据ASTM G48规格进行, 每项试验用了四个相同钢种的样本, 这些 12x6mm 大小的样本是纵向截取的。所报导的点密度为四个样本的平均值。PRE 值是依 Stahlschlüssel 的化学准则所保证的最低值。资料只供参考。

## 对人体的敏感适应程度

基于316L-PM™对氯性和盐性环境的抗腐蚀性很强,它不会对人体的敏感产生任何不适。初步测试显示它在和人体接触时只释放极微量的镍。

该316L-PM符合EN1811标准,它可用于直接或长期与人体皮肤接触的产品。

注:合金所释放的镍量及其耐腐蚀性是有极大关系的。因此热处理,晶体大小,外来参杂物,表面加工和处理都会对镍释放量产生一定的影响。

## 切割加工

316L-PM™的切割需用大量的切割流液,以水溶性的为上选。在进行切割时应当采用前进式进料方式(positive feed),这有助于有效的去除已被冷作硬化的材料。由于这钢种含有相当低的夹杂物且完全没有一点的硬氧化物,这有助于延长切割刀具的使用寿命。

## 钻孔

刀具钢料	直径 [mm]	进料速度 [mm/min]	转动速度 [rpm]
碳化钢	0.90	105	4,200
碳化钢	1.20	80	3,200
碳化钢	1.70	55	2,300

## 切割

刀具钢料	直径 [mm]	进料速度 [mm/min]	转动速度 [rpm]
碳化钢	96 / 100	65	750
碳化钢	63	65	1,150
碳化钢加镀层	96 / 100	80	950
碳化钢加镀层	63	80	1,450

## 热处理

316L-PM™的退火温度介于摄氏1,020度和1,080度之间,停留时间介于5至15分钟,这取决于钢料的多寡,继而经过速冷却处理。由于它的纯度相当高,其晶体较易变大,并在表层产生橙皮般状体,因此温度和停留时间的控制尤其重要。如果使用光辉退火过程,则须采用减低气氧如氢气(H<sub>2</sub>),混合氢气和氮气(H<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>),或分化亚摩尼亚精(cracked NH<sub>3</sub>)以隔绝钢料与大气接触。

这钢种不能用热处理加以硬化,而只能以冷作使之硬化。

## 化学处理

316L-PM™可以在 8至11% 硫酸液, 介于摄氏65至80度的热缸中进行5至45分钟的酸洗。可是这种处理方式只适合 经过退火 的钢料。

它也可以用20至50%硝酸液 在介于摄氏 40至70 度下进行约 30至60分钟的钝化。不过在钝化过后一定要继续中和过程。

## 冷加工

316L-PM™可以轻易的加以冷抽, 辊轧和冲压。由于这种钢材会在变型过程中硬化, 所以在过多变型程序后须加以退火。

## 烧焊

316L-PM™可用TIG 或 Micro Plasma方式烧焊。在烧焊过后, 最好在摄氏1,050度及减低氧气下, 如氢气(H<sub>2</sub>), 混合氢气与氮气(H<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>), 或分化亚摩尼亚精(cracked NH<sub>3</sub>), 于适当的舒缓退火。

## 接焊

要在摄氏 950至1,100 度的温度下进行接焊是轻而易举的。若要取得最好的连接效果, 最好使用输送带式连续退火炉。也可选用以下几种合金焊丝做填料。

- 近摄氏900度熔点的含银, 铜及镍的合金焊丝 (Ag-Cu-Ni filler alloy)
- 钯焊丝 (Palladium filler alloy)
- 近摄氏850度熔点, 含8至18克拉的金制焊丝 (8 to 18 carat gold filler alloy)

## 成品

- 捆线
- 直条
- 拉支

---

### Swiss Profile (M) Sdn Bhd

2900, Tingkat Perusahaan 6B  
Prai Free Industrial Zone  
13600 Prai, Penang  
Malaysia

Tel +604 398 1111  
Fax +604 398 1313

### PX Group

Bd. des Eplatures 42  
2304 La Chaux-de-Fond  
Switzerland

Tel +4132 924 0288  
Fax +4132 924 0210