

# 400 镍-铜合金



核诚

合金 400 / Monel 400  
NCu30  
W.Nr.2.4360 和 2.4361  
UNS N04400

秦皇岛核诚镍业有限公司

TEL: 0335-7521553 FAX: 03357521555

E-mai: [hcn0003@126.com](mailto:hcn0003@126.com)

河北省秦皇岛市山海关区沈山路 18 号

## 400镍-铜合金

### 材料特性

MONEL 400(UNSN04400/W.Nr.2.4360 和2.4361/NCu30)是一种只能通过冷做硬化的固溶合金。它在很宽的温度范围内具有高的强度和韧性并对许多腐蚀环境具有优异抗力。成分见表1。400 合金大量用在许多领域,尤其是海洋和化工过程。典型的应用为泵、阀;泵和叶轮轴;海洋应用固定件和紧固件;电力和电子部件;

弹簧;化工设备;油气和淡水罐;原油静止器;过程容器和管道;锅炉供水加热器和其和其它热交换器以及除气加热器。

表1 牌号及标准

材料 牌号	标准 系列	标准							
		化学 成分	管材		板材	棒材	带材	焊丝	锻件
			无缝管	焊接管					
美标 N04400	ASME		SB 165	SB 751	SB 127	SB	SB	AWS A 5.14	SB 564
			SB 163	SB 775	SB 906	164	127		
			SB 829						
国标 NCu30 NW4400	GB/T	5235	2882	/	2054	4435	2072		26030
	NB/T		47019	/	47046	/	/	/	47028
				47047					
	JB/T				4748	/	/	/	/

表2 化学成分

元素	Ni+Co	Cu	Fe	Mn	C
N04400 标准	≥63	28.0~34.0	≤2.5	≤2.0	≤0.3
NCu30 标准	≥63	28.0~34.0	≤2.5	≤2.0	≤0.3
元素	Si	S	P	Cr	Al
N04400 标准	≤0.5	≤0.024	—	—	—
NCu30 标准	≤0.5	≤0.024	≤0.005	—	—

Alloy 400

表3 物理性能

密度	8.9 g/cm <sup>3</sup>
熔点	1300~1350°C

表4 室温和高温典型物理性能

温度 (°C)	膨胀系数 ( $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ )	导热系数 ( $\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ )	比热 ( $\text{J}/\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ )	电子系数 ( $\mu\Omega\cdot\text{m}$ )
-200	—	—	—	360
-180	11.1	16.5	223	—
-130	11.4	18.2	320	—
-70	12.1	19.8	378	—
11	—	22.0	427	0.511
100	14.2	24.0	445	0.537
200	15.2	26.9	459	0.559
300	15.7	31.0	470	0.574
400	16.1	33.4	—	0.587
500	16.3	36.5	—	0.603
600	16.6	39.4	—	0.620
700	17.0	32.4	—	0.639
800	17.4	45.5	—	0.658
900	17.7	48.8	—	0.675
1000	18.1	—	—	0.692

## 机械性能

拉伸性能和硬度MONEL400合金的常用室温拉伸性能见表5。冷轧板材和带材在各种不同回火下的硬度数值见表6。图1和2为由典型数据绘制的硬度与棒材和锻件、冷轧板和带材的性能关系。热轧退火材料短时高温性能见图3。MONEL 400合金在零度以下具有优异的机械性能。强度和硬度的增加仅仅很少损伤延展性或冲击抗力。即使冷却到液氢温度，该合金也不会发生从易延展到脆化的转变。这和许多铁基材料相

比形成显著对照，虽然铁基材料通常在低温下强度增高但会变脆。表7给出了合金在低温下的机械性能。

表5 常用室温拉伸性能

类型和尺寸	抗拉强度 (MPa)	屈服强度0.2%, (MPa)	延伸率 (50mm) (%)	硬度	
				布氏	洛氏B
<b>棒材</b>					
<b>冷加工</b>					
圆棒, ≤12.7	≥760	≥415	≥8 <sup>①</sup>		
四方、六方, 长方等, ≤12.7	≥585	≥380	≥10 <sup>①</sup>		
<b>冷加工-去应力</b>					
圆棒, < 12.7	≥580	≥345	≥10 <sup>①</sup>		
圆棒, 12.7~88.9	≥600	≥415	≥20		
圆棒, > 88.9~101.6	≥580	≥380	≥20		
四方、六方, 长方, ≤50.8	≥580	≥345	≥20 <sup>①</sup>		
六角≤54	≥552	≥276	≥30		
<b>热加工或热加工去应力</b>					
四方、六方, 长方, ≤305 六角≤54	≥552	≥276	≥30 <sup>②</sup>		
四方、六方, 长方, > 305~356	≥517	≥276	≥30		
六方: > 54~102	≥517	≥207	≥25		
圆环和圆盘					75-95
<b>退火态的</b>					
杆、棒	≥480	≥170	≥35		
所有尺寸的圆环和圆盘					60-75
<b>热轧板</b>					
退火的	≥485	≥195	≥35		
<b>冷轧板</b>					
退火的 (≥0.25mm)	485~585	≥195	≥35		
1/4淬硬的	...	...	...		73-83
1/2淬硬的	...	...	...		82-90
淬硬的	≥690	≥620	≥2		
<b>带材</b>					
退火的	≥380	≥100	≥40		
表面淬硬的	...	...	...		68-73
1/4淬硬的	...	...	...		73-83
1/2淬硬的	...	...	...		82-90

类型和尺寸	抗拉强度 (MPa)	屈服强度0.2%, (MPa)	延伸率 (50mm) (%)	硬度	
				布氏	洛氏B
3/4淬硬的	...	...	...		89-94
淬硬的	≥690	≥620	≥2		
回复回火					≥98
<b>管材</b>					
退火	≤127mm	≥480	≥195	≥35	
	> 127mm	≥480	≥170	≥35	
去应力	≥585	≥380	≥15		
<b>换热管</b>					
退火	≥483	≥193	≥35		
去应力	≥586	≥379	≥15		≤75

注：①不适用于尺寸小于2.4mm的产品②热加工厚度≤7.9mm的板延伸率≥20%

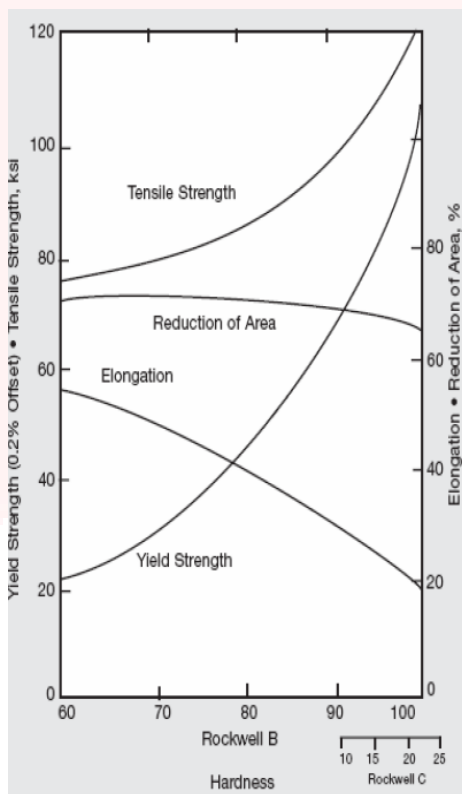


图1 热轧与冷拔MONEL400 合金棒材和锻件的拉伸性能与硬度的大致关系

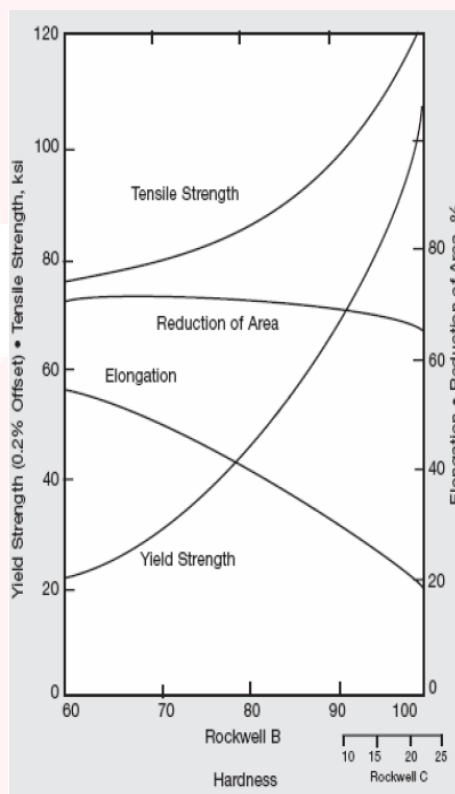


图2 冷轧MONEL400 合金板材和带材的拉伸性能与硬度的大致关系

# Alloy 400

表6 MONEL 400 合金在低温的拉伸性能

Temper	Temperature, °F	Tensile Strength, ksi	Yield Strength (0.2% Offset), ksi	Elongation, %	Reduction of Area, %
Cold-Drawn	Room	103.80	93.70	19.0	71.0
	-110	117.45	100.85	21.8	70.2
Forged	Room <sup>a</sup>	103.40	93.30	17.3	72.5
	70	92.00	67.00	31.0	72.7
	-297	128.25	91.50	44.5	71.8
Annealed	-423	142.00	96.40	38.5	61.0
	70	78.65	31.30	51.5	75.0
	-297	115.25	49.50	49.5	73.9

<sup>a</sup>在室温实验之前在-110°F保温数小时

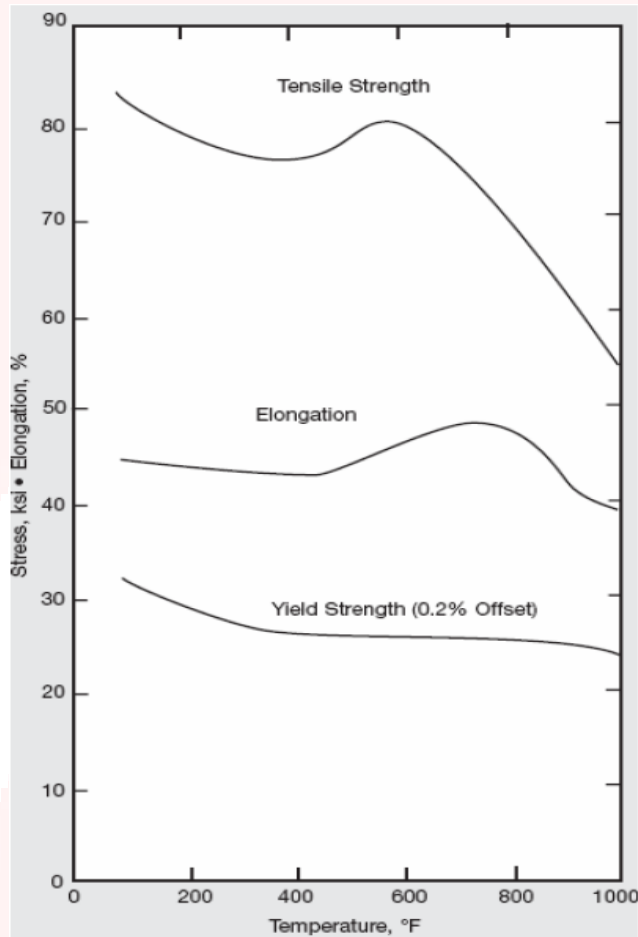
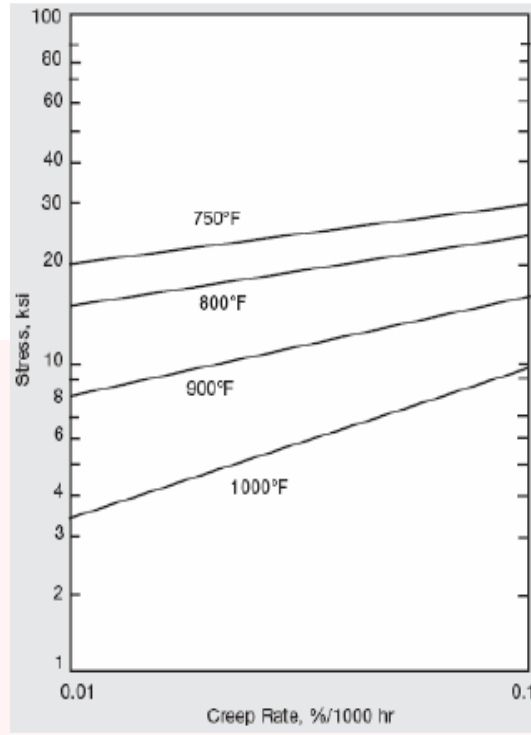
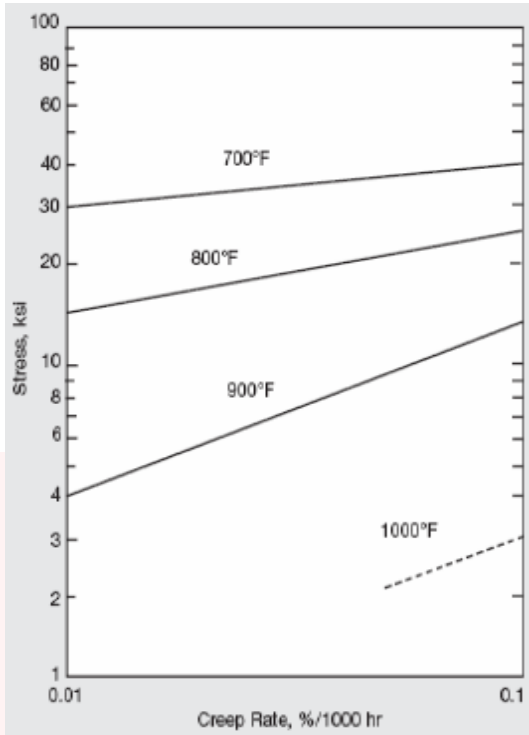


图3 退火MONEL400 合金的高温性能

### 蠕变与断裂性能

MONEL 镍铜合金400 在温度直到并包括537°C的氧化气氛中是有用的。如果合金是在还原气氛中，更高的温度也可以使用。蠕变与开裂性能见图4-8。



MONEL400合金的蠕变性能

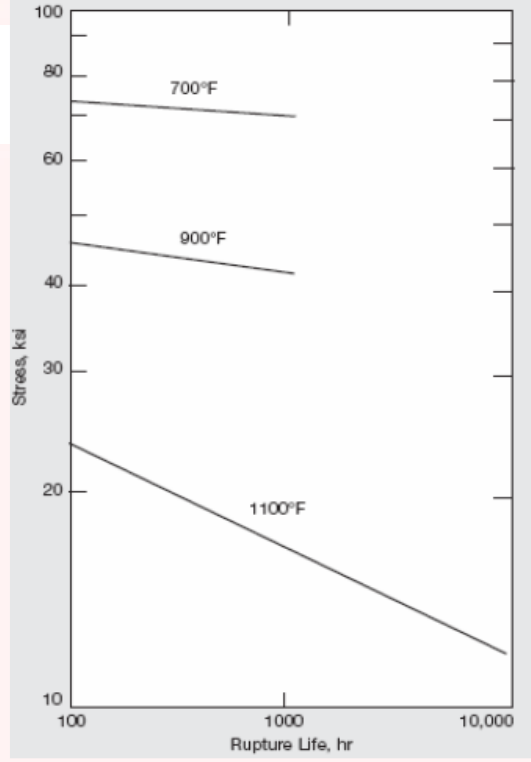
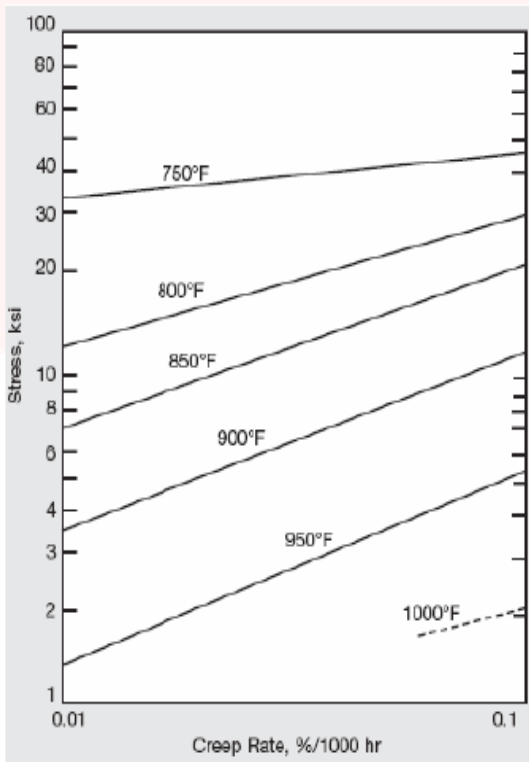


图6 20%冷拔、去应力(1000/8小时)的  
裂MONEL400合金的蠕变性能

图7 冷拔退火(1500°F/30min)MONEL400断  
性能

**Alloy 400**

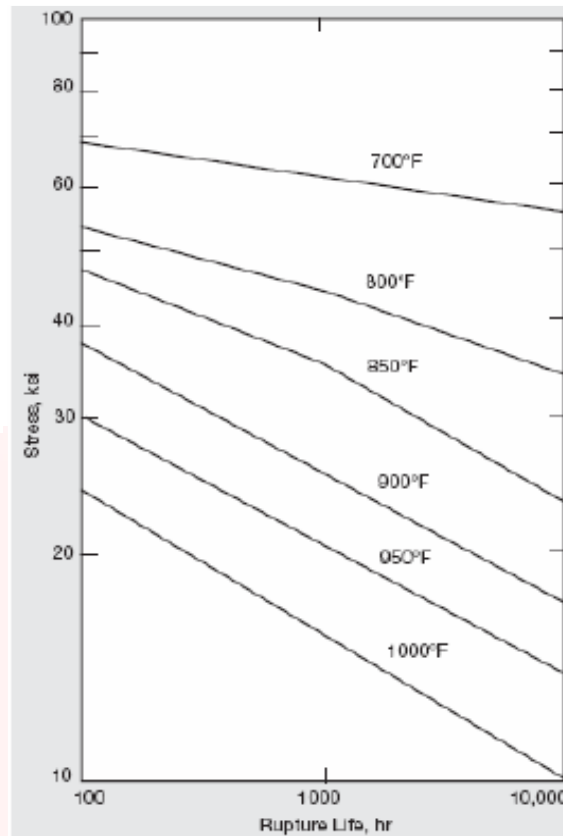


图8 冷拔去应力(1100°F /8h)MONEL400 断裂性能

## 金相结构

400合金为面心立方晶格结构，镍-铜合金是镍和铜元素完全互溶奥氏体组织。

## 耐腐蚀性

MONEL400 合金对许多还原性介质表现出抗腐蚀性。它通常也比高含铜合金更耐氧化性介质。这种多功能性使得MONEL400 合金适合在不同环境中使用。400 合金大量应用在海洋环境。虽然在流动海水中400 合金的腐蚀速率极低，但已发现停滞条件会产生缝隙腐蚀和点蚀。400 合金在大多数新鲜和工业水中也抗应力腐蚀开裂和点蚀。

MONEL400 合金对所有浓度的氢氟酸直到沸点都具有出色的腐蚀抗力。它也许是所有通用工程合金中最耐蚀的。400 合金对在还原性的很多形式的含硫和氯化氢的酸也耐蚀。



## 热加工及热处理

在还原性气氛加热和冷却或水-酒精溶液中淬火都会保留光亮并不会变色。冷却速度没有明显的影响。400合金在加热后在空气中冷却将会形成附着性的氧化膜。冷加工和热成型的MONEL400合金都需要进行热处理来优化综合强度和延展性并减少在随后的机械加工中的变形。热处理如何影响性能见图9。冷加工材料的均应力处理会引起在0.00%应变时屈服强度的增加而不明显影响其它性能（见图9）。

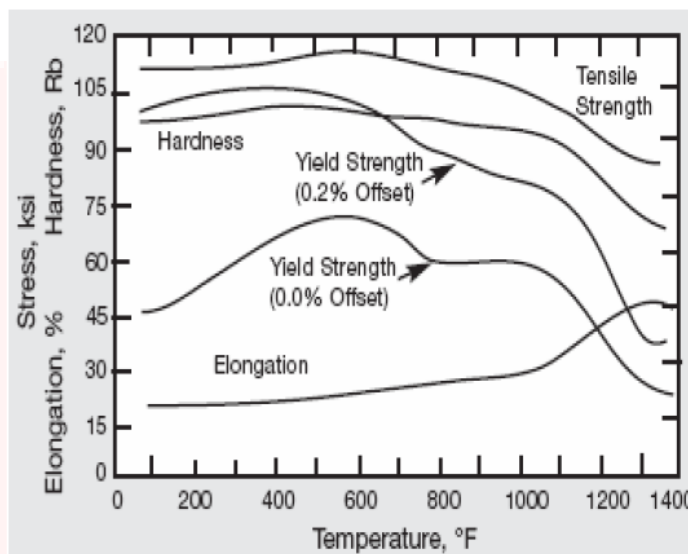


图9 退火（3 小时）对MONEL400 合金冷拔棒材室温性能的影响

均应力是将材料在300°C保持3小时。去应力将减少应力而不产生晶粒结构的重结晶。推荐这种处理是为了在去除金属后来得到最小的变形。在535F-565°C 加热1-2小时会减轻无论热或冷加工产生的应变。

强烈推荐在某些环境下需要预防应力腐蚀开裂时进行消应力处理（537-649°C/1小时，然后慢速冷却）。如图9所示，消应力会稍微降低拉伸强度、屈服强度和硬度并轻微的提高延伸率。

退火会完全软化加工硬化的材料。需要的时间和温度取决于先前的冷加工量。通常400 合金是用开式法加热到870-982°C 保温2-10分钟来退火的;反之，箱式退火在760-815°C 下退火1-3小时在大多数情况下可以达到满意效果。

图9和10比较了加热对冷拔和热轧材料性能的影响。在这些实验中，冷拔棒材是经过3 小时在705°C退火状态，热轧板材是在800°C /3 小时退火。大多数时间-温度-硬度关系曲线见图11。这些数据可以用来作为建立应用标准的指导。当材料在退火温

度范围上限时加热时会出现晶粒长大。图12 给出了冷轧带材开式退火可能出现的晶粒尺寸。

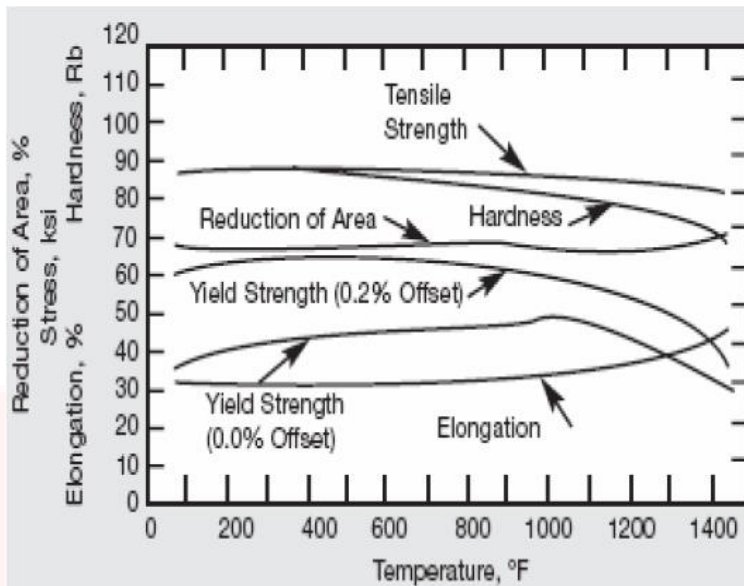


图10 退火 (3 小时) 对热轧MONEL400 合金板材室温性能的影响。  
在1470°F 材料被完全退火 (硬度由BHN 转换而来)

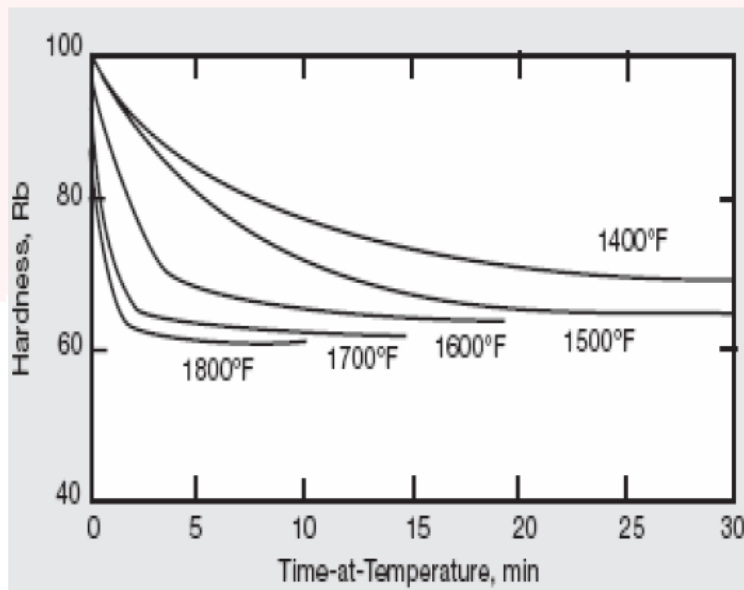


图11 MONEL400 冷轧带材开式退火时在各种不同温度  
达到不同硬度需要的大约时间

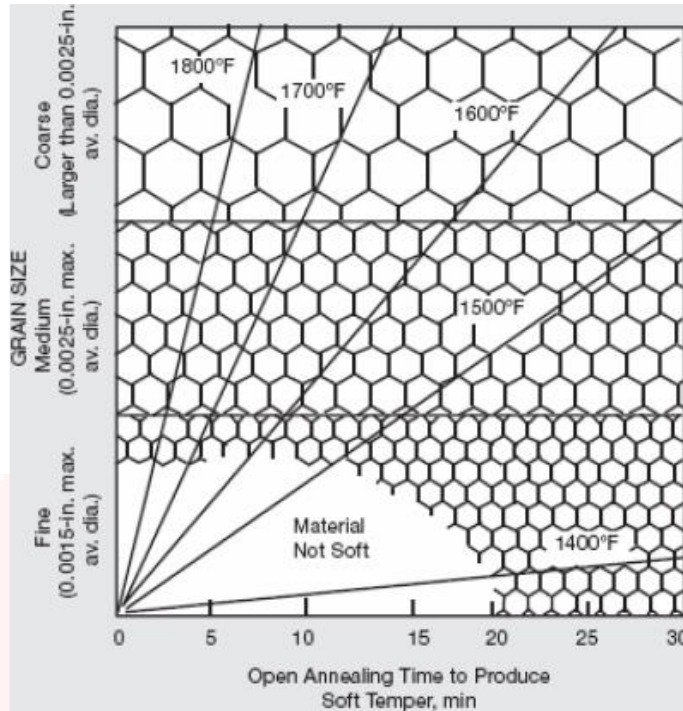


图12 MONEL400 合金冷轧带材在开式退火时不同温度下获得不同晶粒尺寸的需要的大约时间

### 热加工：

考虑到热变形抗力，MONEL400合金与许多钢材比较是较软的。所以它可以热成型成任何形状。在热成型中用合适的温度是重要的。热成型温度范围为648-1175°C。对大变形量推荐金属温度在926-1175°C。少量变形可以在降到648°C进行。在较低温度的加工产生更高的机械性能和细小晶粒尺寸。在热加工温度范围长时间停留是有害的。如果在处理中出现延迟，炉温应该被返回到1040°C并在恢复操作之前不能回到先前温度。在任何情况下合金都不能被加热到1175以上；否则会造成永久的损害。大变形锻造不能速度过快以免造成金属加工过热。推荐使用光学高温计监控同温度下获得不同晶粒尺寸的需要的大约时间在热弯过程中，金属应该在从炉子中移出后尽快加工。对工具和模具预热到260°C对防止材料在加工中的急冷是有帮助的。有些锻件需要控制锻造过程来达到某些对锻造、热成型零件的要求。减小量和最终成型温度都要控制来形成需要的性能。

一种用于生产变形量在最终加热后为30-35%的锻件的方法是：

1. 重加热；
2. 锻造断面到大于最终尺寸的5%(完成至少25%变形)
3. 冷却到705°C；

#### 4. 最终加工到尺寸(5%变形)

如在有些军用标准中描述的,一些高张力锻件在最终重加热后也需要最少30-35%变形. 其方法为:

1. 重加热;
2. 锻造断面到大于最终尺寸的25%(完成大约5%变形);
3. 冷却到725°C;
4. 最终加工到尺寸(25%变形)

重新细化晶粒的方法是使用1093°C的最终重加热温度并最终重加热后进行的变形量。

冷加工:

MONEL400合金适用于所有冷加工方法.需要的力和加工硬化速率介于低碳钢和304不锈钢之间(见图17).

#### 机加工

通常来说冷拔或冷拔加去应力材料是推荐做最适合机加工并达到最光滑表面。