

で粒界粒内混合破断が見られたが、珪素鋼のごとき顕著な粒内破断は見られなかった。

(1) 500°C および 600°C: 変形は粒界よりも粒内でいちじるしく起る。第1次クリープ過程においては双晶およびじり帯が発生し、変形が進むにつれてダブルスリップが出来る。第2次クリープ過程においてはダブルスリップの発生と粒界じりが顕著で、局部的応力集中が起り、クラックが発生して破断に至る。破断型式は粒界破断であるが、sub-grain の形成は見られない。

(2) 700°C: この温度範囲でもなお粒内の変形の方が粒界のそれより大きいようであるが、(1) に比すればダブルスリップの形成は容易で、いちじるしい deformation band が現われる。破断型式は主として粒界破断であるが双晶に直角に結晶粒内で破断した例も見られた。(Fig. 3)破断は粒界に沿ってジグザグ状に進行するのが普通である。高温度になるにしたがって sub-grain の形成は容易になり、また、粒界破断部附近の結晶粒内にはほとんどじり帯が認められなくなるのも一つの特徴であろう。(Fig. 4)

(3) 800°C: 粒界の変位の方が粒内の変形よりも大となり、粒界じりが顕著に現われるようになる。破断型式は粒界破断が優勢である。またじり帯は少くなり逆に sub-grain 形成が顕著となる。破断部附近の結晶粒は粒界で互いに剝離しており、粒界でも sub-grain の境界で剝離している。その他双晶の境界に沿って剝離の起きた例も見られた。(Fig. 5) なおこの温度になると、結晶粒内に斑点が現われるようになるが、これは Cr-炭化物等が凝集して大きくなり腐蝕されたものと思われる。

以上述べたごとく、低温では粒内の変形が優勢であるが、高温になるにしたがって次第に粒界の変位が大になる傾向が見られる。破断型式は粒界破断が圧倒的であるが、これは Cr-炭化物の粒界析出によつて粒界強度が低下するためで、800°C になると粒内に残っていた Cr-炭化物も凝集し、このため粒内破断へ向う傾向が出て来る。したがって見掛上珪素鋼とは逆の現象が現われるものと思われる。なお、クリープの初期の段階で双晶が顕著に現われるが、変形が進行しても発達しないことより、これは変形双晶でなく焼鈍双晶であろう。したがって双晶による変形はほとんどないと思つて差しつかえない。

(77) Ni 基耐熱合金に関する研究 (III) Studies on Nickel-base Heat Resisting Alloys (III)

T. Hasegawa.

住友金属工業, 製鋼所研究課 工〇長 谷川 太郎

I. 緒 言

第2報において M252 の各種熱処理法特に固溶化処理温度、時効処理の機械的性質におよぼす影響についてのべた。その結果 1065°C×4h 空冷の固溶化処理状態の試料が時効処理した時より 750°C のクリープ破断強度が高くなることが知られた。今回は真空熔解した4熔解について前報の結果をさらに検討したいと思う。

II. 供 試 材

N. R. C. 社製 100 kw 真空熔解炉にてマグネシア坩堝によつて熔解し 35 kg 鑄塊に鑄込んだ4熔解を供試材とした。

供試材の化学成分を前報の試料と共に Table 1 に示す。今回の試料はクリープ破断強度を高くするために、Ti Al を僅かに高くした。試験材は鑄塊を 15 mm φ に鍛伸した素材を使用し、これを Table 2 に示す4種の熱処理を施して各試験片を採取した。

III. 実 験 結 果

4種の熱処理条件における 750°C のクリープ破断試験結果を Table 3 に示す。

Table 3 によれば 1065°C×4h A. C. の固溶化処理のまゝの試料は同様の処理後 760°C×15h A. C. の時効を行なつた試料に比べクリープ破断時間は長く、またクリープ破断後の伸、絞もはなはだしく低下することはなくかえつて高くなることさえある。これらの傾向は前報にのべた N18 の場合と同様である。しかしながら N35 のみは時効処理によりクリープ破断時間が長くなつている。

Table 3 によれば 750°C におけるクリープ破断時間を最も長くできるのは③の熱処理法で②および①がこれについていることがわかる。前報でも③の熱処理が有効なことが示されたが②は①よりクリープ破断応力を高くできるとは考えられなかった。然るに本実験によりこの点が明らかとなつた。

①および②の熱処理法の機械的性質におよぼす影響をしらべるためにさらに 800°C 以下の高温引張試験を行なつた結果を Fig. 1 に示す。この結果より固溶化処理後水冷する②処理は固溶化処理後、空冷の①処理に比べ N21 は②の強度が高く N22 も僅かながら同様の傾向を

Table 1. Chemical compositions of alloys tested.

Symbol	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	Mo	Ti	Al
N21	0.11	0.42	0.35	0.008	0.005	19.27	55.80	10.81	9.37	2.98	0.81
N22	0.12	0.26	0.33	0.007	0.007	19.18	55.81	11.83	9.07	2.54	1.17
N35	0.16	0.27	0.28	0.012	0.007	19.05	55.95	10.25	9.90	2.94	1.23
N42	0.16	0.08	0.11	0.020	0.007	19.20	56.23	10.72	9.70	3.04	0.88
N18	0.18	1.07	0.90	0.003	0.008	19.72	52.13	9.76	10.20	2.43	0.97

Table 2. Heat treatment of specimens.

Symbol of heat treatment	Solution treatment	Aging
①	1065°C×8 h A. C.	760°C×15 h A. C.
②	1065°C×8 h W. Q.	800°C×2.5 h A. C., 700°C×18 h A. C.
③	1080°C×4 h A. C.	840°C×24 h A. C., 760°C×16 h A. C. then 816°C×16 h A. C.
④	1065°C×4 h A. C.	—

Table 3. Effect of heat treatment on stress rupture properties at 750°C.

Symbol	Heat treatment	Testing stress (kg/mm ²)	Stress rupture life (h)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Creep rate (%/h)	Rockwell "C" hardness	
							Before test	After test
N21	①	26.8	1038.6	16.3	29.5	0.002	37.9	42.8
	②	29.9	279.3	19.0	38.2	0.013	39.8	41.5
	③	//	550.3	21.3	26.6	0.006	39.2	43.6
	④	//	845.6	24.5	28.2	0.008	36.3	42.9
N22	①	29.9	163.3	13.3	31.8	0.016	40.4	44.9
	②	//	173.2	19.2	34.3	0.023	38.8	42.1
	③	//	305.1	13.1	31.8	0.02	36.4	42.7
	④	26.8	398.6	10.0	22.4	0.005	32.4	40.4
N35	①	29.9	393.3	8.5	13.8	0.005	39.7	42.4
	②	//	459.6	12.8	16.8	0.004	38.8	43.5
	③	//	218.8	8.0	13.9	0.016	37.8	41.8
	④	26.8	449.9	5.3	11.2	0.007	37.9	41.3
N42	①	29.9	99.6	10.2	18.3	0.02	30.9	40.7
	②	//	547.9	7.5	12.2	0.002	32.9	39.1
	③	//	342.6	6.6	12.9	0.008	34.4	38.4
	④	29.9	344.2	9.9	13.7	0.003	//	42.6

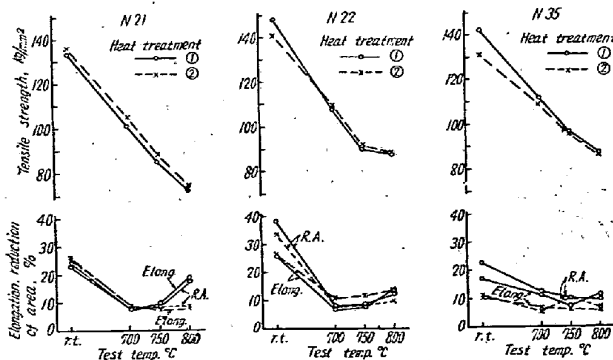


Fig. 1. Effects of heat treatment on tensile properties of M252.

示す。N35 のみは 750, 800°C では同一抗張力であるが低温度では①の方が高い抗張力となる。前報の N18 においては 750°C の抗張力は大きく降伏点は②処理の方が高くなっており、今回も同様の傾向が認められた。また伸、絞を比較すると伸では明かな傾向は認められぬが、絞では②の方が低くなる。

次に①、②、③の熱処理法の 816°C におけるクリープ破断試験結果におよぼす影響を Table 4 に示す。Table 4 によれば 750°C にて最も高いクリープ破断強度がえられた③の熱処理法は明らかに他の熱処理法に比べクリープ破断時間が短くなるのがわかる。この場合は②の熱処理が最も高いクリープ破断時間を与えること

Table 4. Effect of heat treatment on stress rupture properties at 816°C.

Symbol	Heat treatment	Testing stress (kg/mm ²)	Stress rupture life (h.)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Creep rate (%/h)	Rockwell "C" hardness	
							Before test	After test
N21	①	18.9	236.5	21.0	38.1	0.02	37.9	36.7
	②	//	239.6	36.2	41.9	0.02	39.7	42.2
	③	//	213.2	24.8	43.3	0.03	36.4	39.5
N22	①	18.9	150.2	21.2	38.2	0.02	41.3	38.3
	②	//	117.8	28.2	43.2	0.06	40.7	40.4
	③	//	71.6	30.5	41.8	0.15	37.5	39.9
N35	①	18.9	103.5	12.2	19.3	0.02	42.1	41.2
	②	//	213.3	17.5	16.7	0.01	39.5	40.9
	③	//	157.4	5.6	10.6	0.02	39.8	39.4
N42	①	18.9	189.1	6.7	12.5	0.008	38.6	36.6
	②	//	330.1	13.0	18.1	0.006	36.4	34.8
	③	//	53.1	1.7	4.9	0.02	36.7	34.7

がわかる。

IV. 結 言

以上の実験により M252 の熱処理について次のことが推察された。

1. 1065°C×4h A. C. の固溶化処理状態は 760°C×15h A. C. の時効を行うよりも高温クリープ破断強度を高くできる。しかしながら 800°C 以上の温度で時効しさらに安定状態となれば固溶化処理状態よりさらに高いクリープ破断強度が得られる。

2. 800°C×2.5h A. C., 100°C×18h A. C. の二段時効および 840°C×24h A. C., 760°C×16h A. C., 815°C×16h A. C. の三段時効を比較すると、時効温度高く、かつ時効時間の長く安定な状態となる後の方が 750°C のクリープ破断応力を高くできるが、816°C となれば過時効を生じ逆に前者の処理法が高いクリープ破断強度を与える。

3. 固溶化処理後 760°C×15h A. C. または 800°C×2.5h A. C., 700°C×18h A. C. の 2 種の時効処理を比較すると、後者は 800°C 以下の抗張力、降伏点が僅かに高い程度であるがクリープ破断試験ではより明らかに後者が高くなる。

4. 固溶化処理状態の試料は高温試験中の析出硬化によりクリープ破断時間が長くなることは本合金でも認められるが、高温試験中の析出硬化により伸、絞は減少しない。S816 等の弱析出硬化型合金では高温試験中の析出硬化によりクリープ抵抗が増加するが、これとともに靱性が低下した。この点 M252 では靱性の低下は明らかでなく異なった特徴をもっている。

(78) Ni 基耐熱合金に関する研究 (IV) Studies on Nickel-base Heat Resisting Alloys (IV)

T. Hasegawa.

住友金属工業，製鋼所研究課 工〇長谷川 太郎

I. 結 言

第 3 報までに M252 の機械的性質におよぼす熱処理の効果についてのべたが、本報では強析出硬化型耐熱合金の代表的なものとして Nimonic 80A の機械的性質におよぼす熱処理の効果についてのべ、この種強析出硬化型合金と S816, Timken 16-25-6 等弱析出硬化型合金の熱処理効果を比較したい。

II. 供 試 材

N. R. C. 社製 100 kw 真空熔解炉にてマグネシア坩堝によつて熔解し 35 kg 鑄塊に鑄込んだもので、化学成分を Table 1 に示す。供試材は鑄塊を 15 mm φ に鍛伸した素材より採取した。

III. 固溶化処理後の冷却法および時効法の影響

Nimonic 80A の熱処理法として DTD 736 により定めている方法は 1065°C×8h A. C., 700°C×18h A. C. の固溶化処理一時効である。また L. B. Pfeil 等によれば 1065°C×8h W. Q. なる固溶化処理後水冷した場合は 800°C×2.5h A. C., 700°C×18h A. C. なる二段時効により固溶化処理後水冷の悪影響は除かれるという。

供試材について以上 2 種の熱処理を行なった後常温より 800°C の引張試験および 750°C, 26.8 kg/mm² の試験条件でクリープ破断試験を行なった。

Fig. 1 に高温引張試験結果を、また Table 2 にクリ