

熱間工具用 Mo~Cr (3~2) 系鋼に及ぼす Ni の影響

The Effect of Ni on the Various Properties of 3 Mo~2 Cr Hot Tool Steel

小柴定雄* 田中和夫** 稲田朝雄**
Sadao Koshiha Kazuo Tanaka Asao Inata

内 容 梗 概

熱間工具用 Mo~Cr (3~2) 系鋼に Ni 約 0.5~2.5% 添加したものにつき種々検討した。すなわち Ni 量の増加とともに各変態温度を低下し焼入性を増大するが、500~750°C における熱間機械的性質は引張強さを低下し伸び、絞り、衝撃値を増大する。また変形率、熱膨張係数ともに Ni 量の多い方が大きい。

1. 緒 言

さきに熱間工具用 W~Cr (5~2) 系鋼に及ぼす Ni の影響につき検討せる結果を発表したが⁽¹⁾、本報告はこれに引続き Mo~Cr (3~2) 系鋼に及ぼす Ni の影響につき種々実験せる結果である。

2. 試料および実験方法

試料は 50 kg 高周波電気炉により熔製し、35 kg 鋼塊を鑄造した。また Heat-Check の発生状態を比較するために熱間ダイス鋼 HDC, DC を用いた。第 1 表にこれらの化学成分を示す。

次にこれらを 18 および 32 mm 中に鍛伸後 M1 は 870°C, HDC および DC は 850°C にて焼鈍し、M2, M3 の各試料は 850°C, および 750°C にて 2 回焼鈍し、それぞれ次のごとき各種の試験片に機械仕上げした。

2.1 変態点の測定

7φ×70 mm の試料を用い本多式熱膨張計により測定した。加熱速度および炉冷の場合の冷却速度はいずれも 5°C/min とし最高加熱温度は 900°C とした。

2.2 焼入, 焼戻試験

15φ×12mm の試料により 900~1,100°C の各温度に 20 分間加熱後水, 油および空冷せるもの, および前述の油焼入せるものを 800°C 以下の各温度に 1 時間加熱焼戻

せるものにつき硬度および組織を調べた。

2.3 焼入性試験

Jominy 式一端水冷法によりそれぞれ 1,000°C より、一端水冷後、水冷端よりの硬度変化をロックウェル硬度計により測定した。また学振法により結晶粒度を測定し、その結果を第 1 表に併記した。

2.4 機械的性質

各試料を 1,000°C より油焼入後 600°C にて焼戻せるものにつき常温および熱間における引張 (平行部径 7mmφ), 衝撃試験を行った。なお各試験片は所定の寸法に対して 0.2mm の削代を付し、ケースを用いて C 0.32% の削粉を充填し脱炭防止を行い熱処理終了後所定の寸法に仕上げた。

2.5 変形率の測定

8φ×80mm の試料を用い前述の機械試験片と同様の方法により脱炭防止を行い 1,000°C より油焼入せるものおよびこれらをさらに 500~700°C の各温度にて焼戻せるものにつきマイクロメータにより径および長さを測定し焼鈍状態のものを基準として焼入, 焼戻処理による変形率を求めた。

2.6 熱膨張係数の測定

7φ×70mm の試料を前述と同様の方法により脱炭防止を行い 1,000°C より油焼入後 600°C にて焼戻せる試料につき簡易熱膨張計に 1/1,000 mm のダイヤルゲージ

第 1 表 試 料 の 化 学 成 分 (%)

試 料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Cu	結晶粒度 G
M 1	0.29	0.34	0.38	0.018	0.015	0.44	2.19	1.02	2.92	—	0.13	6.8
M 2	0.31	0.35	0.32	0.019	0.016	1.42	2.15	0.95	2.96	—	0.15	6.2
M 3	0.33	0.40	0.41	0.018	0.015	2.34	2.22	0.98	3.00	—	0.14	6.5
HDC	0.28	0.20	0.40	0.019	0.005	0.15	2.81	9.60	—	0.41	0.09	—
D C	0.30	0.24	0.34	0.015	0.005	0.11	2.70	5.08	—	0.40	0.06	—

* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

** 日立金属工業株式会社安来工場

第2表 各試料の変態生起状況(°C)

試料	加熱変態		炉冷変態		空冷変態	
	開始	終了	開始	終了	開始	終了
M 1	794	857	762	695	339	250
M 2	776	835	* 720 393	* 678 337	303	228
M 3	745	824	390	329	243	129

* 変態が2段に生じたもの

を装着し、温度の変化による膨張量より求めた。

2.7 急熱、急冷試験

15φ×20mm の所定寸法に 0.2mm の削代を付した各試料を前述と同様の脱炭防止方法を施し 1,000°C にて油焼入し、それぞれ 600°C にて焼戻せるものにつき前報⁽¹⁾ と同一方法により実験を行った。

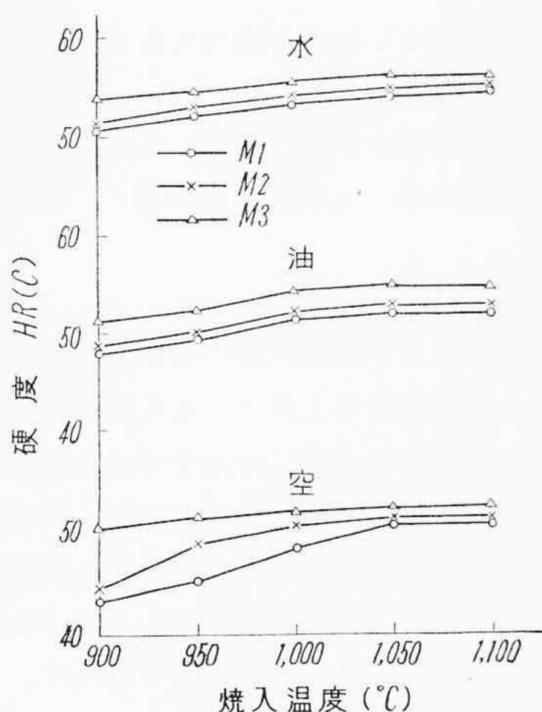
3. 実験結果

3.1 変態生起状況

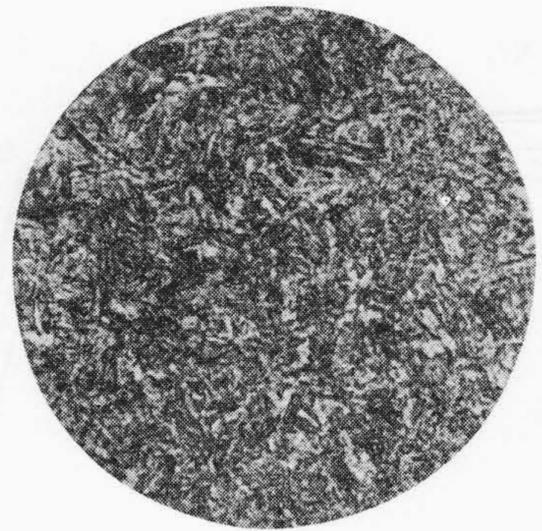
第2表はその測定結果を示すが同表より明らかなるごとく Ni 量の増すにしたがい各変態温度は低下し、5°C/min の炉中冷却において M2 試料は変態を2段に生じ、M3 試料は 390~329°C の低温度にて生起している。また空冷の場合においても Ni 量の多い方がその変態温度は低い。

3.2 焼入、焼戻試験

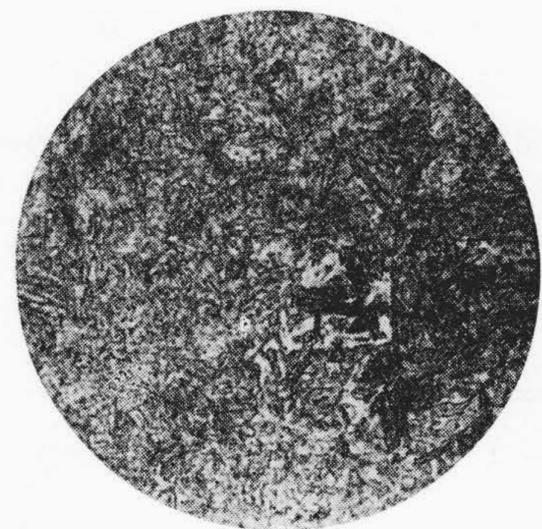
第1図に実験結果を示すが、同図より明らかなるごとく空冷の場合においては Ni 量の多いものほど最高硬度を示す温度は低温側に移行する。水、油冷却せるものにおいては温度の上昇とともにその硬度を増す。しかし



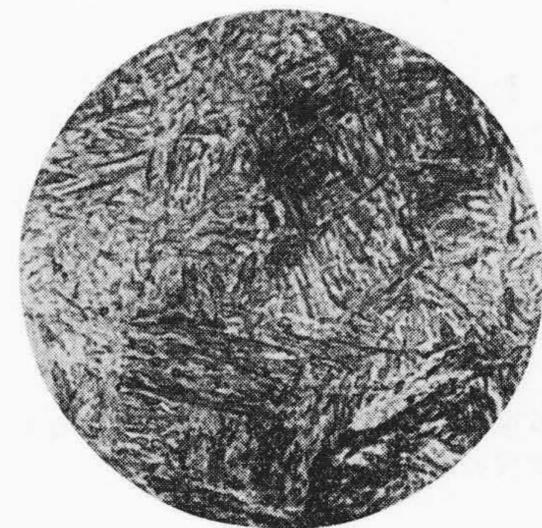
第1図 各試料を水、油および空冷せる場合の焼入温度と硬度の関係



第2図 M1 試料の 1,000°C 油焼入組織 ×420



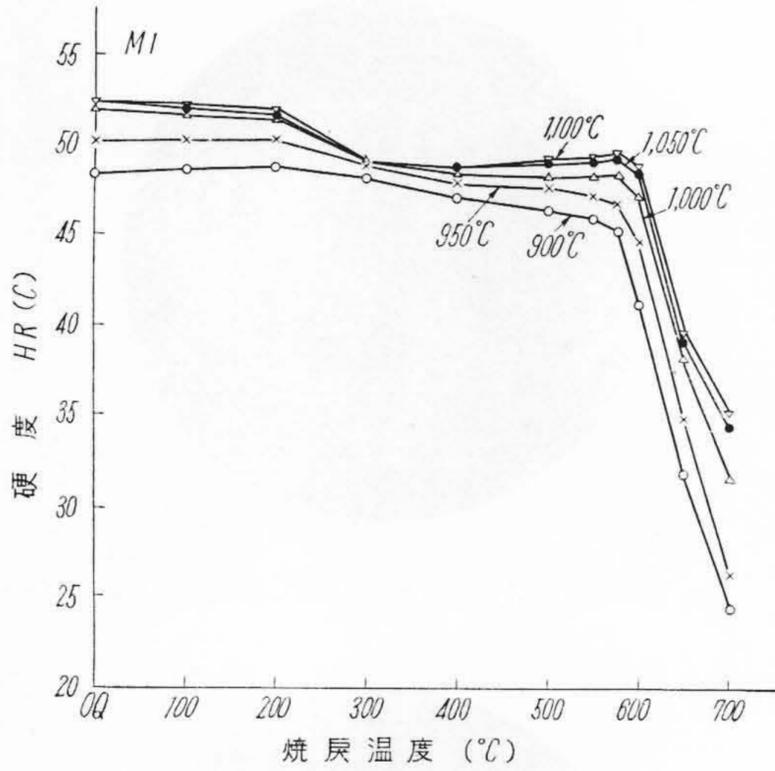
第3図 M3 試料の 1,000°C 油焼入組織 ×420



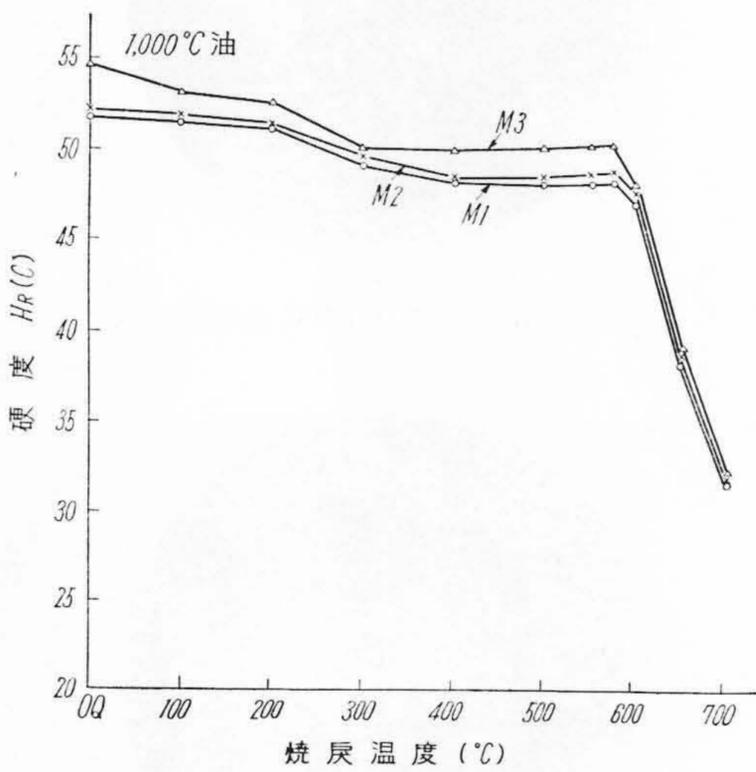
第4図 M1 試料の 1,050°C 油焼入組織 ×420

て Ni 量の多いものの方がいずれの場合においてもその硬度は高い。次に各試料の油焼入せるものについて、それぞれの組織をしらべたが、焼入温度同一の場合において Ni の含有量による組織的な差は著しくないが、各試料とも 1,050°C 付近以上の温度においてその組織を著しく粗大化する。第2~4図はM1, M3 試料の 1,000~1,050°C 油焼入組織を示す。

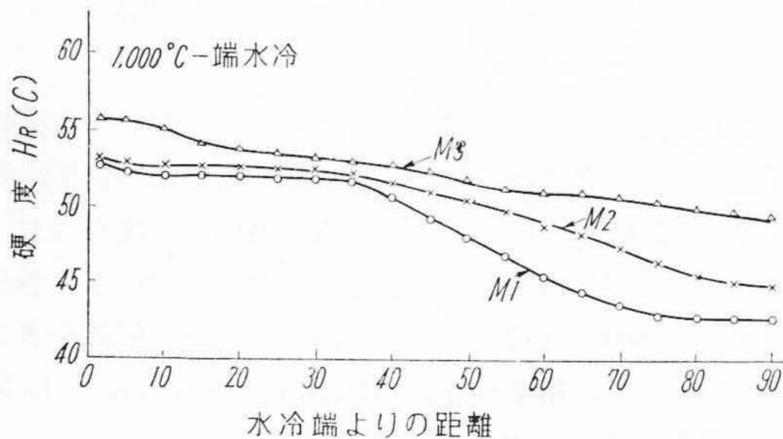
また各試料の油焼入せるものについて焼戻硬度試験を



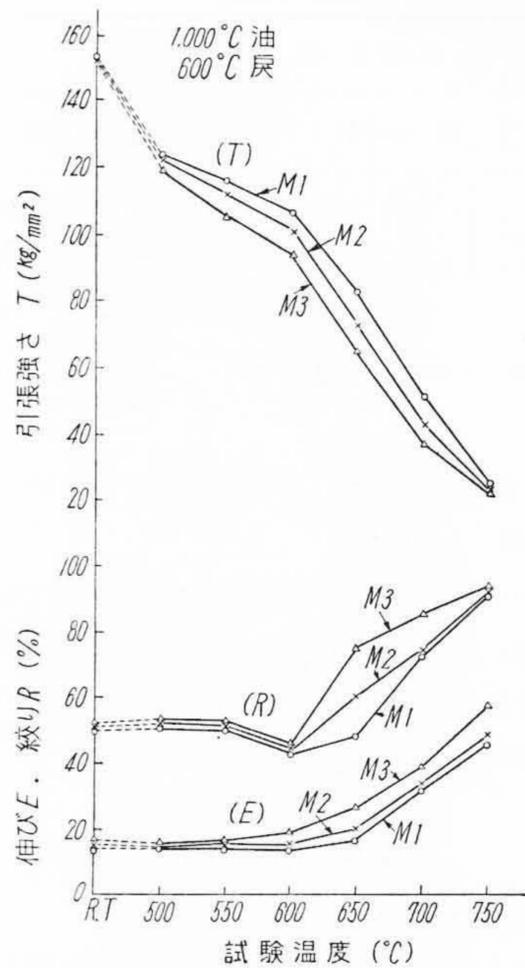
第 5 図 M1 試料の油焼入せるものの
焼戻温度と硬度の関係



第 6 図 各試料の 1,000°C 油焼入せるものの
焼戻温度と硬度の関係



第 7 図 各試料の焼入性試験結果



第 8 図 各試料の常温、熱間にける引
張試験結果

行ったが各試料の焼戻硬度曲線の傾向はほぼ同様であり焼入温度の低い場合は 575°C 付近、高いものにおいては 600°C 付近よりやや急激にその硬度を低下する。第 5 図は M1 試料における焼戻硬度試験結果を示す。

次に第 6 図は 1,000°C より油焼入せるものにつき Ni の影響を比較せるものであるが Ni 量の多いものほどその硬度は高いが、硬度曲線の温度による変化の傾向はほぼ同様である。

以上の各結果よりして焼入温度としては 1,000°C 付近、焼戻温度は 600°C 付近が適当であると思われる。

3.3 焼入性試験

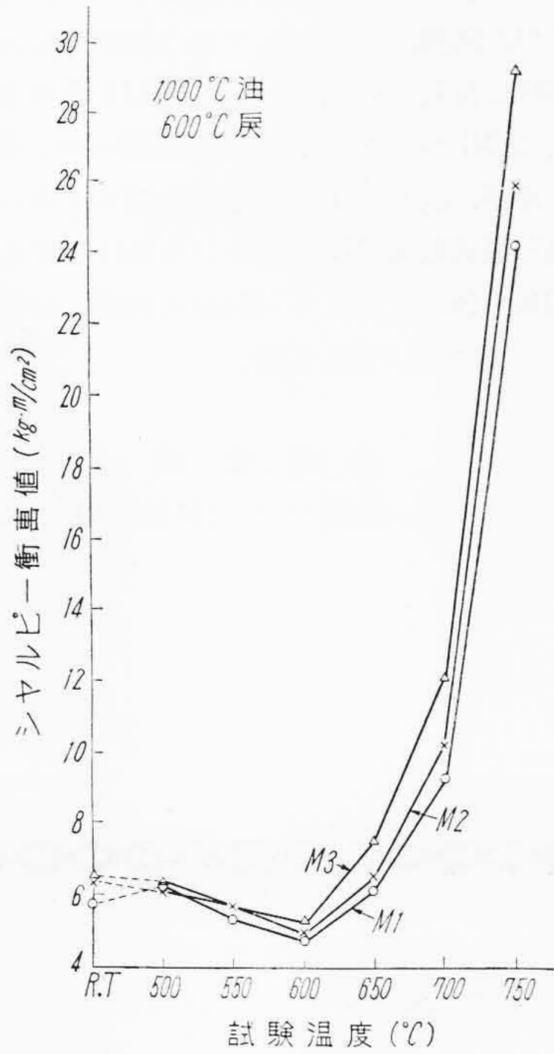
第 7 図は実験結果を示す。すなわち同図より明らかなるごとく Ni 量の多いものほど硬度高く、その焼入性も大きい。

3.4 機械的性質

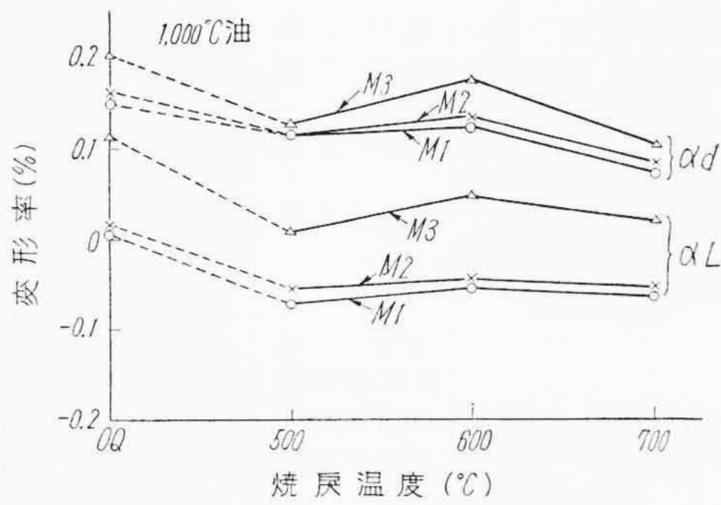
第 8 図は常温および熱間における引張試験結果を示すが各試料とも試験温度の上昇とともに引張強さを低下する。伸びおよび絞りは 600°C 付近までは温度による変化は少ないが 650°C 付近より急激にその値を増す。

次に各試料を比較せる場合常温における引張強さは大差ないが、500~750°C の各温度においては Ni 量の多いものほど引張強さを低下し伸び、絞りを増す。

第 9 図は衝撃試験結果であるが Ni 量の多いものほど各温度における衝撃値が高く、また 600°C 付近までは温度の上昇とともにその値を低下するが、650°C 付近より



第9図 各試料の常温，熱間における衝撃試験結果



(αL……長さ方向, αd……直径方向)
第10図 各試料の変形率測定結果

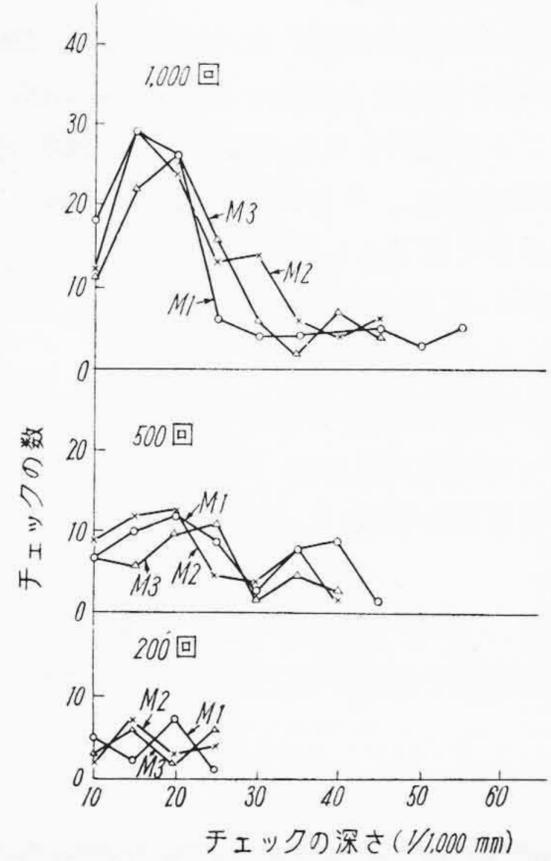
第3表 各試料の平均熱膨張係数 (×10⁻⁶)

試料 温度(°C)	M 1	M 2	M 3
400~500	11.31 ₆	11.32 ₆	11.69 ₁
500~600	11.60 ₀	11.62 ₆	12.07 ₄
600~700	12.06 ₄	12.09 ₁	12.45 ₁

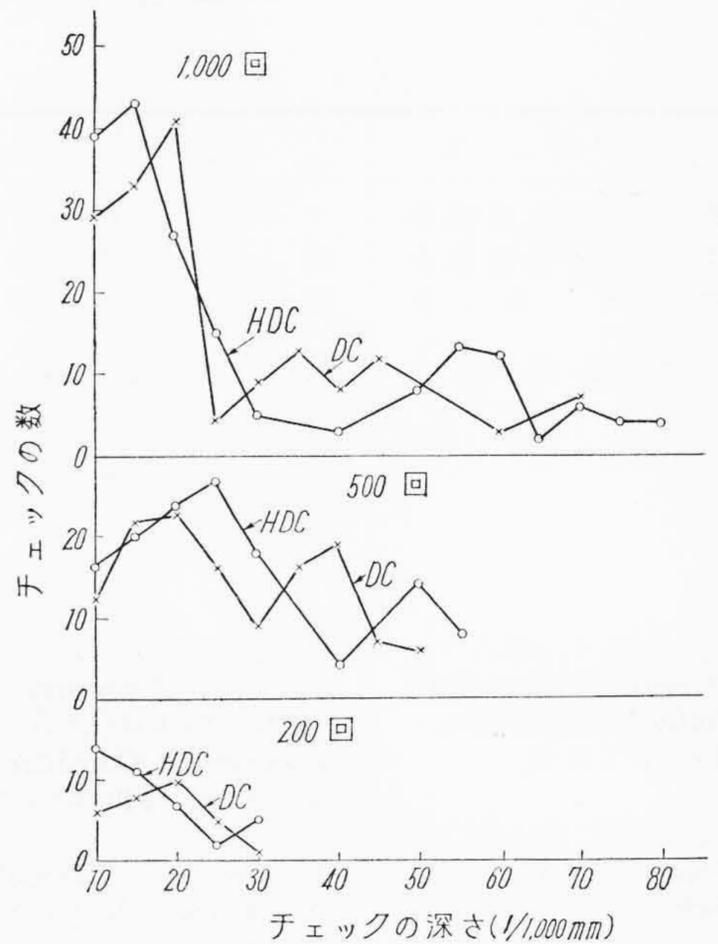
著しく増大する。

3.5 変形率

第10図は各試料における測定結果を示す。すなわち



第11図 各試料のチェック発生状況



第12図 HDC, DC におけるチェック発生状況

1,000°C よりの油焼入により直径，長さ方向ともいずれも膨張を示し，かつ Ni 量の多いものほどその変形率は大きい。また 600°C 焼戻によりわずかながら膨張する傾向を示す。

3.6 熱膨張係数

第3表はこれが測定結果を示すが Ni 量の多い方が熱膨張係数は大きい結果を示す。

3.7 急熱, 急冷試験

第11図は各試料の急熱, 急冷回数 200, 500 および 1,000 回の場合における発生せる Heat-Check をそれぞれの深さごとに集計したものであるが, 200 回の場合 Check の数少なく, その深さも浅いが 500, 1,000 回とその回数が多くなるにしたがい数および深さを増す。また M1 はほかの Ni 量の多い試料に比較して大なる深さの Check を発生している。

次に第12図は前述の各試料と比較のために HDC, DC につき行った結果であるが, いずれも前者に比して発生数多く, その深さも深い。

- (1) Ni の添加により各変態温度を低下し焼入性を増大するが, 熱処理方法としては 1,000°C 付近より油焼入し 600°C 付近の焼戻が適当であると思考される。
- (2) 次に Ni 量の増加とともに熱間における抗張力を低下し伸び, 絞りおよび衝撃値を増大する。また変形率, 熱膨張係数も Ni 量の多いものほど大きい。
- (3) HDC, DC に比して Heat-Check の発生数少なく, その深さはいずれも浅い。

4. 結 言

前述の諸結果を要約すると次のとおりである。

参 考 文 献

- (1) 小柴, 田中, 稲田: 日立評論 40, 1125 (33-9)

日立製作所社員社外寄稿一覧表

(その1)

(昭和33年6月受付分)

寄 稿 先	題 目	所 属	執 筆 者
東京産業安全協会	ドラム籠運搬作業用吊具の考案	亀戸工場	立花礼三郎
東京産業安全協会	油ホース巻取装置の製作	亀戸工場	川野彦治
オーム社	低圧電気設備の電気安全	亀戸工場	寺下信正
日本機械学会	水車用鋳鋼品の二, 三の問題	水戸工場	菅野信二
コロナ社	英国型原子炉における事故時の解析 —ダット破損時の炉内温度の過渡現象—	中央研究所	清峰須幹 鴨井敏章 川合橋登 法谷川新彦
電気学会 Pergamon Press, Inc., Acta Metallurgica Trans I. R. E.	繰返し現象の低速化記録方式 On the Structure Changes Produced by Ageing of Cu-Ti Alloy Theoretical Consideration of Computing Errors of a Slow Type Electronic Analogue Computers	日立工場 原子力発電会社 中央研究所 中央研究所	大田正敏 三浦武雄 土井俊雄
電気通信学会 Journal of Polymer Science	電気接点の研究 Theory of Viscoelasticity of Amorphous Polymers. III. Dispersion of Dynamic Bulk Modulus	中央研究所 中央研究所	三浦武雄 永田穰 武谷良明 中田修
電気通信学会 日本分析化学会	電気接点の火花現象 リンパナドタングステン酸—メチルエチルケトン抽 出—吸光度法によるバナジウムの定量	中央研究所 中央研究所	武谷良明 北川公夫
高分子学会 日本機械学会	高分子の破壊現象 人工き裂のある軸材の疲れ強さ(続報) 各種の材料 におけるき裂および切欠き底のき裂	中央研究所 日立研究所	中田修 大内田久
電気試験所材料課 日本産業機械工業会	安定度試験の意義について フロン樹脂ライニング	日立研究所 日立研究所 多賀工場	高橋治男 高野憲三 横山亮次
東京電機大学出版部	ブラシの性能とその取り扱い	日立研究所	武政隆一

(第104頁へ続く)