

# 「鍛造金型の表面硬化法に関する応用研究」

中山 恭利\*  
登尾 完二\*\*  
市村 恒人\*\*\*

## 【要 旨】

平成7年度より、鍛造金型をイオン窒化することにより、金型表面硬度を上げ金型寿命の延長を図ってきた。

平成8年度には、窒化条件について検討した結果、金型寿命は鍛造ショット数で最大1.8倍にまで改善できたが、金型の割れ等の理由により寿命が伸びない事例もあった。

平成9年度には、イオン窒化で $\gamma$ -Fe<sub>4</sub>N相を中心にした約0.6mmの窒化層を形成させ実機テストを行ったところ、薄小物鍛造品については、金型寿命を最大3倍まで延長することができた。

さらに、金型破損のメカニズムを考察し、寿命延長の安定化を図り、生産現場へ実用した。

## 1 緒 言

熱間鍛造用金型は高温での耐衝撃性、耐摩耗性が要求される。金型の早期破損は、金型代そのもののコストが高いことに合わせて、型の取り替えの労力や鍛造不良品を増加させるため、金型の耐久性を増加させることは重要な課題である。

一方鉄鋼材料の表面硬化法としては、近年その目的に応じた新しい改質技術が進歩し、金型用鉄鋼には熱処理変形が小さく、耐摩耗性の優れた窒化処理が適している。<sup>1)2)</sup>

中でもイオン窒化処理法は処理時間が短いことや無公害性等の利点があり、金型用として広く採用されつつある。<sup>2)</sup>

平成7、8年度は、イオン窒化の処理条件を検討することにより、一部の金型ではショット数において1.8倍の寿命が得られる成果があったものの、より短寿命となった金型もあった。<sup>3)4)</sup>

平成9年度は、鍛造品の一部を変更して実験することと合わせて、金型割れにより、寿命が延ばせなかったロッカーアームについて、その原因を追求するため、窒化処理が鍛造時の金型破損のメカニズムにどのように影響しているのかを調べた。

## 2 実験方法

鍛造品としてフック、コンロッド、二股ロッド及びロッカーアームの4種類を取り上げ、表1の処理条件によりイオン窒化処理を行った後、鍛造実験を行い、その耐久性を検討した。

そのうち、寿命が延ばせなかった金型について金型表面層の状態の違いを図1の部位に切り出し、クラックの有無等を顕微鏡により観察した。

---

「鍛造金型の表面硬化法に関する研究( )」

- \* 材料技術課 技師  
\*\* 材料技術課 主任  
\*\*\* 材料技術課 主任研究員

表1 イオン窒化処理条件<sup>4)</sup>

処理温度	550
処理時間	60時間
ガス比	H <sub>2</sub> : N <sub>2</sub> = 80 : 20
ガス圧力	5 ~ 7 Torr
冷却方法	空冷

### 3 実験結果及び考察

#### 3 - 1 再加工前の金型の状態

窒化処理を行っていないロッカーアームの金型の13,000ショット鍛造作業後の状態について、図1に示す金型から鍛造時に衝撃負荷の大きい部位を選択して切断研磨し観察したところ、図1の位置において図2のクラックがみられた。

この部位は形状から判断して、鍛造時に最も衝

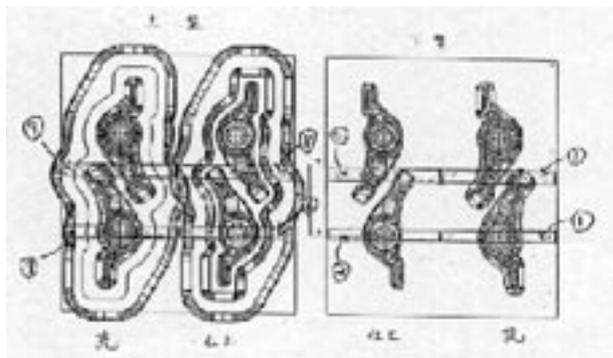


図1 金型（ロッカーアーム）

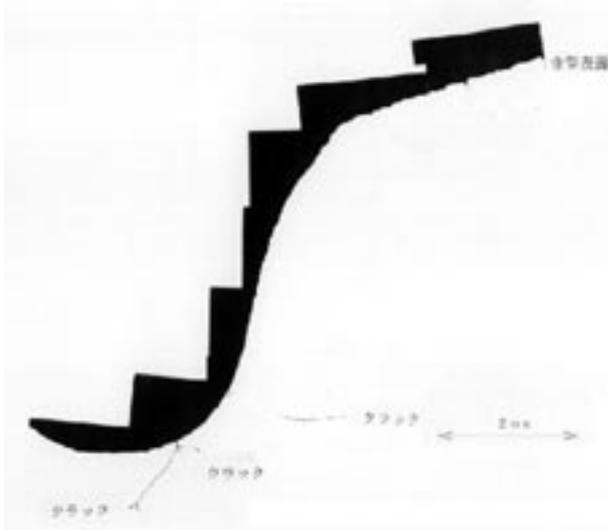


図2 非窒化金型 上型仕上打部(ロッカーアーム)

撃荷重が集中する個所と考えられる。

クラック深さは表面から約5mm程度にまで達していた。

通常、鍛造金型は、金型の変形などにより、製品の変形量が一定量を超えたときを金型寿命とし、その後、表面を5~10mm程度削り、再加工(リシンク)して使用するのが一般的だが、削る深さ以上のクラックが発生していると、再使用時に悪影響が出る。

このことを考慮し、金型に窒化処理をする際には、リシンク量を15mmとし、金型表面を染色探傷法(カラーチェック)により傷が残っていないことを確認したうえでイオン窒化処理を行うこととした。

#### 3 - 2 窒化処理

金型と同時にイオン窒化処理を行ったテストピースについて、図3に組織写真、図4に表面からの硬度分布、図5に表面X線回折(XRD)によるチャートを示す。

XRDより、窒化層が生成していることがわかり、組織写真及び硬度分布より、窒化層は約600

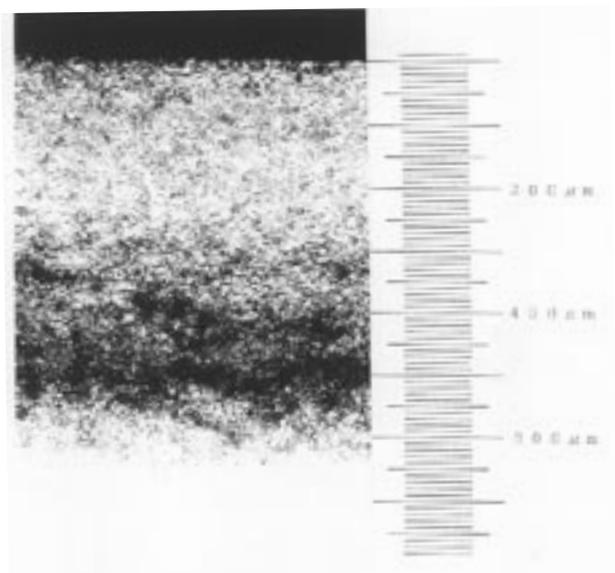


図3 イオン窒化処理による硬化層(ナイタール腐食)

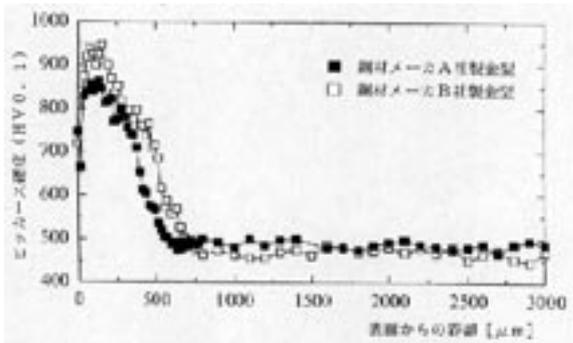


図4 断面ピッカース硬度分布

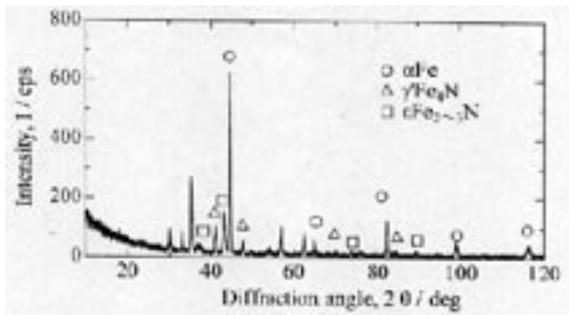


図5 表面X線回折(XRD)結果

μmにわたって硬化層を生成していることが認められる。

### 3 - 3 鍛造寿命実験

4種類の窒化した鍛造金型の実験結果を表2に示す。

なお、非窒化金型のショット数は従来からの実績数である。

表2 窒化金型の寿命伸び率

鍛造製品名	金型寿命 [ショット数]		寿命 伸び率 [倍]
	非窒化	窒化	
	金型	金型	
フック	1,500	4,000	2.7
コンロッド	3,000	9,000	3.0
二股ロッド	4,000	10,000	2.5
ロッカーアーム	13,000	12,500	0.9

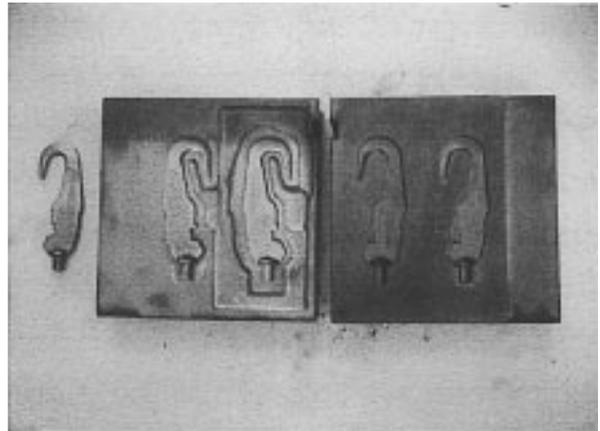


図6 金型及び鍛造製品(フック)

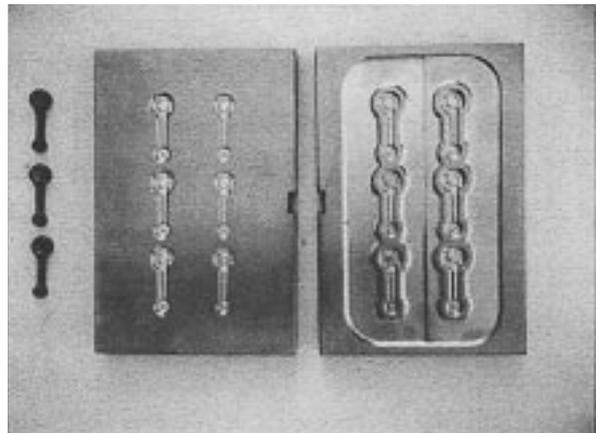


図7 金型及び鍛造製品(コンロッド)

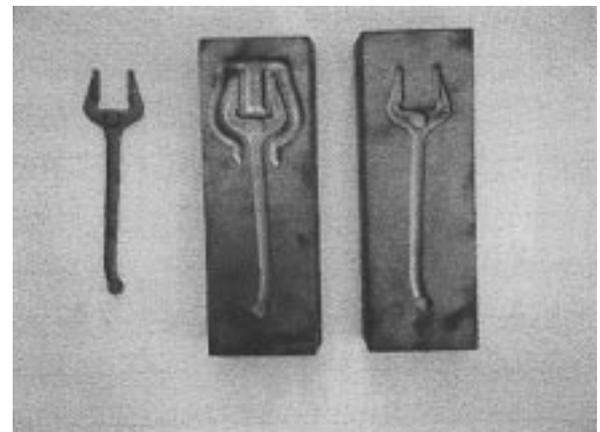


図8 金型及び鍛造製品(二股ロッド)

先の3種類の鍛造製品(フック(図6)、コンロッド(図7)、二股ロッド(図8))には製品形状に寸法精度が求められ、500ショット毎の抜き取り検査で加工精度を確認した。

ロッカーアームについては鍛造後機械加工を加えるため加工精度は比較的必要なく、通常700

ショット毎に製品及び金型について外観検査を行い、そこで異常があれば、金型のその部分を研磨作業により削り、削っても修復不可能な大きなクラックが発見されると金型寿命となる。

表2にみられるように、フック、コンロッド、二股ロッドについては2.5～3倍の寿命延長が図れた。

その理由は、表面硬化層の働きにより、鍛造品の金型への焼き着き、機械的な表面はく離等が防止でき、比較的多数のショット数で金型形状が安定したためであると考えられる。

ロッカーアームについては、鍛造初期から表面のはく離や焼き着きが発生していたもののグラインダーなどによる表面の修正を繰り返し、延べ5日間鍛造作業を行い、12,500ショットを打った時点で大きなクラックが発見された。

そのときの作業工程表を表3に示す。

### 3 - 4 ロッカーアーム窒化金型鍛造後の状態

鍛造寿命後の金型を前述の図1の部位で切断し、顕微鏡で観察を行ったところ、と の位置でそれぞれ図9及び図10のようなクラックが観察された。

非窒化金型と同様に、いずれもアーム部の溝底部でクラックが発生しており、非窒化金型と比べ深く長い状態となっている。

図9では、熱疲労により発生した比較的多くの傷（ヒートクラック）が存在しており、ヒートクラックが窒化層より内部に進行したとき、鍛造時に応力集中を起こし、クラックが進行したものと推測できる。

図10のクラックは、表面の窒化層が消失した個所で、局所的に弱くなっている。

そのため、その個所が金型の底部であることが

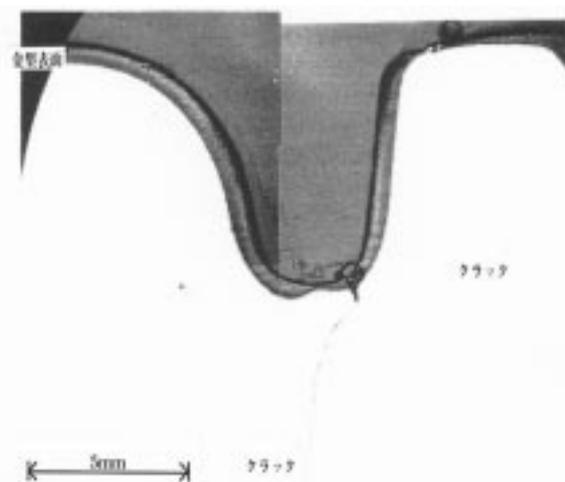


図9 窒化金型 上型仕上打部（窒化層の割れ）

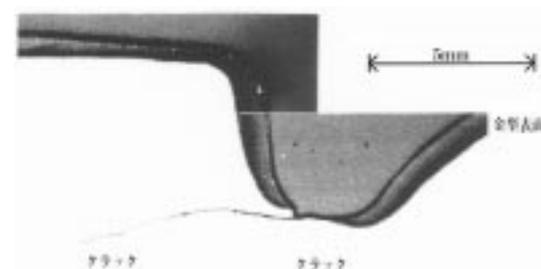


図10 窒化金型 下型荒打部（窒化層の消失）

ら、先述の部位と同様に応力集中を起こし、クラックが発生したと思われる。

金型の溝底部の窒化層の消失は、表3の作業工程表に示したように表面にはく離、焼き着き等が発生したとき、それを修正するために行われる研磨作業により、窒化層が削り落とされたためである。

このような再研磨が必要となる状態を避け、研磨回数を減らすためには、金型の厳密な温度管理や適切な離型剤散布が必要である。

また、図1に示すように、図9、図10の部位は金型の外枠に近いので深い溝が存在すると、鍛造時に金型に加わる弾性変形、特に水平方向の変形に対して強度が不足していると考えられ、割れ発生の要因となっている。

今回のロッカーアーム金型の場合、鍛造機により金型の外枠の大きさに制限があり、外枠の拡大

表3 ロッカーアーム鍛造作業工程表（金型修正履歴）

ロッカーアーム用窒化処理金型鍛造実験

テスト条件 : ディスケーラー加工時間 1 ~ 1.5秒  
 : 上下型に毎回離型剤散布  
 : タクト 5 秒  
 : 700ショット毎に目視観察

ショット数	金型の状況、型修正作業内容	ショット数	金型の状況、型修正作業内容
スタート		7000	荒型口各部 R A 1 バフ修正 仕上げ型口バフ修正
700	異常なし	7700	仕上げ上型アームワレ発生修正 荒全体修正 A 1 バフ修正
1400	荒下型リブ部窒化層はがれあり バフにて角部修正 仕上げ異常なし	8400	仕上げ上型アームワレ大になり修正 A 1 バフ修正
2100	荒上型リブ部窒化層はがれあり バフにて角部修正 仕上げ異常なし	9100	仕上げ下型アームワレ発生修正 A 1 バフ修正
2800	荒仕上げとも型口表面部キズ バフ修正	9800	仕上げ下型アームワレ大になり修正 A 1 バフ修正
3500	荒仕上げとも型口表面部キズ バフ修正	10500	荒仕上げ上下型ともワレ荒れ修正 A 1 バフ修正
4200	荒型口キズ、バフ修正 仕上げスリッパ一部荒れバフ修正	11200	リブ部小キズ発生荒仕上げとも全体 エッジ部修正 A 1 バフ修正
4900	荒型口キズ、バフ修正 仕上げスリッパ一部荒れバフ修正	11900	荒仕上げ 全体に修正 A 1 バフ修正
5600	荒型全体バフ修正 仕上げスリッパ一部 A 1 バフ修正	12500	仕上げ下型アームワレ大にて中止
6300	荒型口 A 1 バフ修正 仕上げスリッパ一部 A 1 バフ修正		

注) A 1 : グライインダー修正

及び配置の変更は難しいため、荒，仕上げ型それぞれに対する負荷低減のために素材の予備加工の工程等が必要と思われる。

被鍛造品がフック、コンロッド、二股ロッドのように比較的形状が薄く、加工に無理がない状態であれば、このような水平方向の変形も起こりにくく、割れも起こしにくいものと推察される。

#### 4 結 言

今回、イオン窒化した3種類の金型（フック、コンロッド、二股ロッド）において、被鍛造品の形状精度の向上に効果がみられ、また鍛造ショット数で2.5～3倍の長寿命化が達成でき、実際の生産現場で十分実用となる結果を得た。

しかしながら、寿命が延ばせなかった金型（ロッカーアーム）については、その形状と使用

状態に原因があることがわかり、金型及び使用条件の厳密な管理が必要である。

#### 5 参考及び引用文献

- 1) 池永 勝：「これからの熱処理技術」 日本金属プレス工業出版会(1988)
- 2) 山中久彦：「イオン窒化法」 日刊工業新聞社(1976)
- 3) 三田好明 他：「京都府中小企業総合センター技報」 第24号 (1996)p43-49
- 4) 市村恒人 他：「京都府中小企業総合センター技報」 第25号 (1997)p12-17
- 5) 日立金属株式会社安来工場：「温・熱間プレス鍛造型材の動向」