

(613) 大出力レーザーによる歯車表面熱処理法の研究
(レーザー焼入れ歯車の疲労強度)

住友金属工業(株) 製鋼所 谷 隆之

中央技術研究所 平川賢爾 小松英雄

1. 緒言: 金属加工の熱源として数多くの利点を有するレーザーの用途開発は、レーザー出力の向上に伴い、工業的な実用段階に入りつつある。本報告ではレーザー表面熱処理開発を推し上げ、鉄道車両用及び一般産業機械用を対象とした大型歯車へのレーザー焼入れ法を開発すると同時に高周波、浸炭焼入れ等の在来法と対比することにより、レーザー焼入れ歯車の基本的な曲げ疲労強度特性を明らかにしたので報告する。

2. 実験方法: レーザー発振器出力15kWの(AVCO (U.S.A.)社製「HPL-15」)を使用し、歯車への照射は[図-1]に示す如く、2分割したスプリット・ビームを歯面に同時照射できる機構を持つ特殊な「ビーム」分割装置を開発し、歯面全域にできるだけ均一な硬化層が得られる様配慮した。供試歯車の主要諸元を[表-1]に、レーザー焼入れ条件を[表-2]に示す。

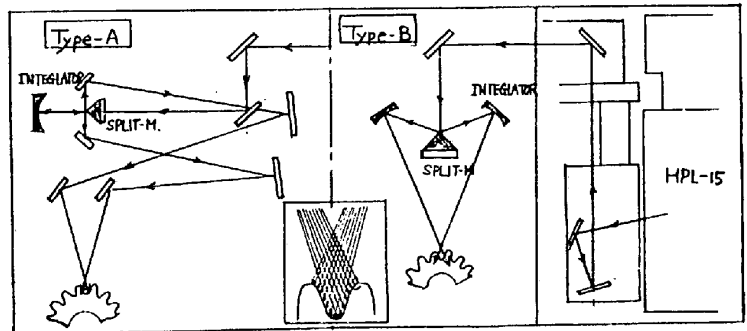


図-1 レーザー・ビーム2分割照射システム

表-1 供試歯車主要諸元

モジュール	8
圧力角	20°
歯中	100mm
歯数	34
歯先外径	φ288
	スバ歯車

表-2 レーザー焼入れ条件

Test No.	I	II	III	IV
レーザー出力(W)	9.8	8.0	8.8	8.0
移行速度(Z/mm)	635	406	290	508
冷却法	Self-Q.	Self-Q.	Water-Q.	Self-Q.
ビーム分割法	Type-A	Type-A	Type-A	Type-B

歯元曲げ疲労試験はロゼンハウゼン型試験機を使用し、5枚またぎ歯式で歯先の歯面にほぼ直角方向に負荷した片振り平面曲げ疲労試験を行い、その繰返し速度は400c.p.mである。

3. 試験結果及び考察: 試験結果を在来焼入れ法と合せ[表-3]に示す。[写真-1]に代表的なレーザー焼入れ歯車の断面マクロ組織を示すが、「ビーム」分割法により、歯面全或にわたってほぼ均一な硬化層が認められ、理想的な硬化パターンが得られた。疲労強度については残留応力(σ_R)及び硬さ(H_v)が大きな影響を持つことはよく知られているが、レーザー焼入れ法により得られたσ_R, H_vについては若干高い値を示すが、dについては低いものが多い。[表-3]に示す結果より、σ_R, H_v, σ_uの多重回帰を行い、次式を得た。

$$\sigma_u = 19.6d - 0.08\sigma_R + 42 \quad (\text{kgf/mm}^2)$$

実験値と計算値の対応を[図-2]に示す。

4. 結果: (1) レーザー焼入れが疲労強度に及ぼす影響は、dの影響が大きく現われσ_uはdに比例して増大する。(2) レーザー焼入れはdやσ_Rの効果を考慮するならば、他の表面硬化法(高周波、浸炭焼入れ等)と同じようにσ_u増大効果は大きい。(3) 大型歯車へ適用する場合は、充分なdを確保する必要がある。

表-3 レーザー焼入れ歯車の疲労試験結果

熱処理	材質	硬化層深さ d (mm)	硬化層深さ H _v (HV)	表面残留応力 σ _R (kgf/mm ²)	表面硬さ H _v (HV)	疲労強度 σ _u (kgf/mm ²)
レーザー焼入れ	I SVTC	6.8	1.0	700	-50	
	II	6.5	1.0	680	-55	
	III SVTC	5.8	0.9	675	-47	
	IV SVTC	5.8	0.9	780	-60	
高周波焼入れ	I SVTC	8.0	1.7	720	-68	
	II SVTC	7.6	1.3	690	-50	
	III SVTC	9.5	2.3	630	-55	
	IV SVTC	9.5	2.0	600	-57	
浸炭焼入れ	I SVTC	9.4	2.5	600	-50	
	II SVTC	8.2	1.2	640	-34	
	III SVTC	7.0	1.1	600	-30	
焼入れ	I SVTC	7.3	1.6	600	-29	
	II SVTC					

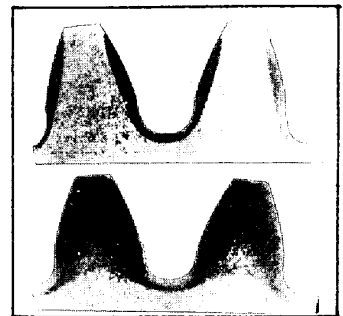


写真-1 断面マクロ組織 (上)レーザー焼入れ, (下)高周波焼入れ

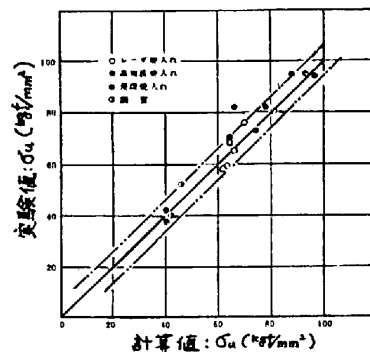


図-2-a σ_uの計算値と実験値

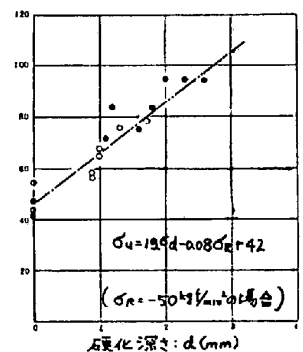


図-2-b dとσ_uとの関係