

行がかなり遅れ、720°C で50°C/h の場合フェライト量約 70%、100°C/h の場合約 25% である。しかし 700°C ではいずれも 100% フェライトとなる。すなわち冷却速度が 10~20°C/h の場合は 740~720°C の間で変態が完了し、50~100°C/h の場合は 720~700°C の間で変態が完了する。つぎに粒度の測定結果を Fig 1 に、分布図の一例を Fig 2 に、球状化完了後の硬度、粒度、粒数と冷却速度との関係を Fig 3 に示した。Fig 1 からわかるように 740~700°C の間で変態の進行とともに粒は急激に成長するが、その成長率は冷却速度が大きいほど少なく、50~100°C/h の場合 720°C で一定値となる。また Fig 3 から最終組織において粒の大きさを 1 μ 以下とするためには約 50°C/h 以上の冷却速度を与えることが必要であることがわかるが、この場合硬度は VHN 210 以上となる。さらに実験の結果、粒の大きさを 1 μ 以下にし、しかも硬度を VHN 195 程度にとどめるためには 50~100°C/h 以上で冷却する過程に 720°C × 1/2h の短時間保持段階を設ければよいことがわかった。その場合の電子顕微鏡組織は photo 1~2 に示すとおりである。この硬度低下はフェライトのサブグレイン、組成、歪などが異なるためと考えているが詳細は講演の際にゆずる。

文 献

- 1) 服部, 喜熨斗 ; NSK. Bearing Journal (1957) Jan, 22
- 2) 田坂 ; 鉄と鋼 44 (1958) 1106, 第 56 回講演大会概要
- 3) E.D.Hyam 他 ; J.I.S.I. 184 (1956) Oct., 148
- 4) E.Scheil ; Zeit. Anorg. chem. 201 (1931) 259

(88) 高速ディーゼル・クランク軸の疲労強度におよぼす表面処理の影響

Effect of the Heat Treatment on the Fatigue Strength of Crank-Shafts for a High Speed Engine.

Shunji Yamamoto, et alii.

神戸製鋼所, 神戸研究部

西原 守・中野 平 ○ 山本俊二

神戸製鋼所第二設計部

佐藤栄一

I. 緒 言

高速ディーゼルクランク軸のピンおよびジャーナル部は

運転時の耐摩耗性を考慮して高周波焼入、窒化などの表面処理を施す場合が多い。一般に表面硬化処理した材料は表面層に圧縮残留応力をもっているため疲労強度を向上せしめるが、表面の一部に非硬化層を残すと、とくに切欠部のごとく応力集中部が非硬化層である場合には、表面処理しない材料より疲労強度が低下する。高速ディーゼルクランク軸に高周波焼入する場合、R部まで焼入することが困難である理由からピンおよびジャーナル平行部のみ焼入して、応力集中部であるR部まで焼入しない場合が多い。このため当然その疲労強度は低下をまぬがれないと考えられるが、この低下の度合いが少ないか低下しても充分安全率を見込んであれば実用には差支えない。著者らはこの低下率が高周波焼入する材質によつていかに変化するか、また窒化のごとくR部も含めて表面硬化処理した場合に、どの程度疲労強度が向上するかならびに高周波焼入後R部をロール加工してR部表皮層に存在すると考えられる引張残留応力を少なくした場合、疲労強度がどの程度回復するかという問題を、実用されている高速ディーゼルクランク軸と同一寸法をもつ一気筒クランク軸試験片を製作し、クランク軸大型回転曲げ疲労試験機を使用して実験を行つた。この結果につき報告する。

II. 試 験 結 果

試験片は Fig. 1 に示したとき 2 種を用いた。材質

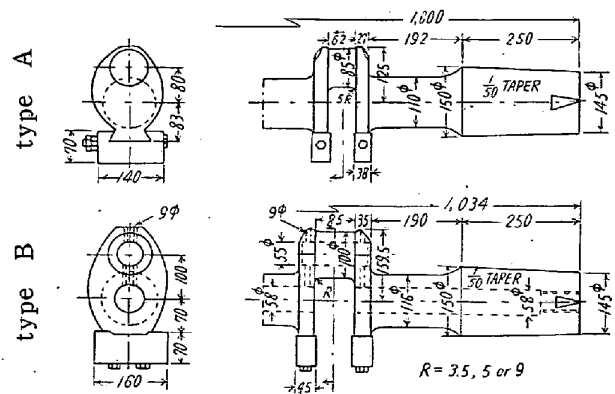


Fig. 1. Shape of specimens.

は中炭素鋼 (S40C), Cr-Mo 鋼 (SCM4) および Ni-Cr-Mo 鋼 (AISI 4340) の 3 種である。Table 1 に供試材材質、表面処理の種類および疲労試験結果を示した。No. 1~5 は Fig. 1 type A の試験片, No. 6~19 は Fig. 1 type B の試験片の結果である。また No. 1~17 はいずれも試験用に製作したものであるが No. 18~19 は実体クランク軸より一気筒分を切断し、チャック部とジャーナル部を焼嵌めして試験片を作成したものである。試験用試験片と実体試験片との相違は前者が自由鍛

Table 1. The results of the fatigue tests on the full-size specimens of crankshafts for high speed engines.

Group No.	Shape	Forging	Spec.	Surface treatment	Radius of corner billets (mm)	Tensile strength (kg/mm ²)	Fatigue limit (kg/mm ²)
1	Type A	Free forging	JIS S 40 C	—	5	60	4.5
2	"	"	" "	High frequency current hardening	"	"	4.0
3	"	"	SCM 4	—	"	73	5.5
4	"	"	" "	High frequency current hardening	"	"	5.0
5	"	"	" "	All over surface nitriding	"	"	9.0
6	Type B	"	S 40 C	—	3.5	60	3.2
7	"	"	" "	—	9	"	3.7
8	"	"	SCM 4	—	5	94	5.2
9	"	"	" "	High frequency current hardening	"	"	6.1
10	"	"	AISI 4340	—	"	103	7.2
11	"	"	" "	High frequency current hardening	3.5	"	4.2
12	"	"	" "	"	5	"	4.3
13	"	"	" "	"	3.5	90	3.7
14	"	"	" "	"	5	"	4.2
15	"	"	" "	"	9	111	4.5
16	"	"	" "	High frequency current hardening and rolling on radial part	5	103	6.8
17	"	"	" "	All over surface nitriding	"	"	8.2
18	"	Drop forging	" "	High frequency current hardening	"	"	4.7
19	"	"	" "	All over surface nitriding	"	119	8.7

造後削出しにより製作したウェブをもち、R部がヘール仕上げであるに比し、後者は型打鍛造によつて製作したウェブをもち、R部をグラインダー研磨仕上げしている点にある。

表面処理しない試験片すなわち type A の No. 1, No. 3 および type B の No. 6, No. 8, No. 10 の疲労限はほぼそれらの抗張力に比例している。つぎにこれら異なる材質のクランク軸試験片に高周波焼入したものの比較では、(No. 2 と No. 4, No. 9, 12 と No. 14, No. 11 と No. 13) S40C, SCM 4 が表面処理しないものに対する低下がわずかであるに比し、4340 はその低下がはなはだしくかつ同じ 4340 では抗張力の高いものがわずか疲労限が高いことから、この大きな低下の原因は 4340 が高周波焼入により R 部(非硬化部)にかなり大きな引張残留応力を残す特性をもっていると考えられる。SCM 4 の場合 No. 8 と No. 9 の比較では高周波焼入したものが表面処理しないものよりわずか高い疲労限を有している。このような場合を考えると SCM 4 は高周波焼入する材質としては、きわめて適当な材料ではないかと考えられる。高周波焼入した 4340 の R 部をローラ加工したもの(No. 16)の疲労限を、ローラ加工しないもの

の (No. 12) のそれと比較すると、ローラ加工により、高周波焼入による疲労限の低下はきわめて顕著に回復している。これは高周波焼入により R 部に生ずると考えられる引張残留応力を減少せしめるためと考えられ、ローラ加工方法の検討によりさらに疲労限を上昇せしめる可能性があると思われる。No. 5, No. 17 および No. 19 はそれぞれ SCM 4, 4340 試験用試験片および 4340 実体試験片を全面窒化したもので、これらの疲労限をそれぞれ No. 3, No. 10(後二者)と比較した場合いずれも窒化することにより疲労限は上昇し、とくに SCM 4 の場合にその上昇率が大きい。このように応力集中部である R 部も含めて表面硬化処理することによりクランク軸の疲労強度は向上する。このような意味合いで R 部も含めて高周波焼入する方法がすでに外国では一部行なわれているようであり著者らも現在検討中である。実体試験片と試験用試験片との疲労強度を比較すると (No. 12 と No. 18, No. 17 と No. 19) いずれも前者がやや高い疲労限を有している。これは実体が型打鍛造であるため他の自由鍛造のものに比し、繊維流に切れ目のないウェブをもつことおよび R 部をグラインダー研磨仕上げしているため(他はヘール仕上げ)と考えられる。