

九州大学工学部

○村上 敬宜, 宇宿 尚史

西山 博志, 松田 健次

川崎製鉄(株)鉄鋼研究所

峰 公雄

近年加工工程の自動化、省エネルギー化とともに快削鋼の使用率が高まってきたが、快削鋼は強度の観点からは一種の欠陥材とみなされている。被削性の良さは強度面の低下につながるとみられており、このことが設計者にとって不安の種となっている。しかし、これまで快削鋼の疲労強度についての系統的研究はなされておらず今後普及率の向上のためにも系統的かつ定量的研究が必要である。本研究は、その第1歩として、S45C鉛快削鋼(SAE10L45)と通常のS45Cについて回転曲げ疲労強度を調べ比較検討を行ったものである。特に微小欠陥が疲労強度 σ_w に及ぼす影響を明らかにするため、直径 $40\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ の人工微小穴をあけた試験片を作成し、SAE10L45とS45Cの欠陥感受性を定量的に調べた。

表1に材料の化学成分、表2に 844°C 、1hr焼なまし後の機械的性質を示す。図1に試験片形状を示す。この試験片の表面層を直径当たり約 $50\mu\text{m}$ 電解研磨し、図2に示す人工微小穴を試験片の最小断面の表面に導入した。その後、 600°C 、1hrの真空焼なましを行った後疲労試験を行った。人工微小穴を有しない平滑試験片の疲労限はSAE10L45で $\sigma_{w0}=25.5\text{kg/mm}^2$ 、S45Cで $\sigma_{w0}=25.5\text{kg/mm}^2$ であった。

なお、微小な欠陥、切欠き、穴やき裂などが疲労強度に及ぼす影響を統一的に評価するための一連の研究がこれまで著者らのグループにより行われており、その成果は次式で表現される。

$$\sigma_w = 1.43(Hv = 120)/(\sqrt{\text{area}})^{1/6}, \quad \sqrt{\text{area}} \approx \sim 10\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m} \quad (1)$$

ここで、 σ_w :欠陥を有する部材の回転曲げまたは引張圧縮疲労強度(MPa)、Hv:ピッカース硬さ
 $\sqrt{\text{area}}$:欠陥を最大主応力方向に投影した投影面積の平方根(μm)

図3は、本研究の実験結果と式(1)による予測を比較したものであり、極めて良く一致していることがわかる。式(1)は、ほとんどの金属材料の疲労限の状態がき裂発生限界ではなく、図4に示すように発生したき裂の停留条件で決まっている事実に基づいて作成されたものである。すなわち、微小欠陥強度面ではき裂と等価でありき裂の応力集中を規定する応力拡大係数 K_I と密接な関係を持つ $\sqrt{\text{area}}$ が代表的な幾何学的パラメータとして選ばれているのである。

表2と図3を合わせて検討するとSAE10L45はS45Cとほぼ同程度の疲労強度を有していることがわかる。一方、被削性には格段の差があるから、この種の鉛快削鋼は構造材としても実用的価値が高いと結論できる。

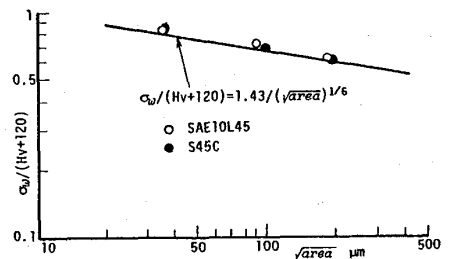


Fig.3 Relationship between fatigue strength and $\sqrt{\text{area}}$

Table 1 Chemical Compositions (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Pb
SAE10L45	0.45	0.21	0.74	0.021	0.017	0.01	0.02	0.11	0.19
S45C	0.46	0.22	0.74	0.024	0.026	0.01	0.02	0.15	—

Table 2 Mechanical properties

	$\sigma_{0.2}$	σ_B	σ_T	ψ	Hv
SAE10L45	32.8	61.8	102.1	46.8	171.6
S45C	36.3	67.7	106.4	43.9	178.7

$\sigma_{0.2}$: Lower yield point
 σ_B : Ultimate tensile strength
 σ_T : True fracture stress
 ψ : Reduction of area
 Hv: Vickers hardness number

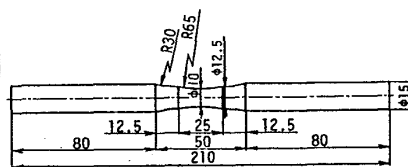


Fig.1 Shape of specimen

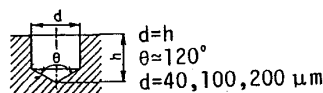


Fig.2 Shape of artificial crack

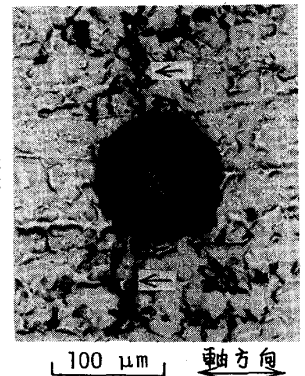


Fig.4 Microstructure of fatigue limit (SAE10L45.vicinity of artificial crack)