The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	表面脱炭が機械構造用炭素鋼の疲労強さに及ぼす影響に関する研究
Author(s)	上田, 祐男
Citation	大阪大学, 1959, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28237
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【9】

氏　名・(本籍)	上田祐男（うえだ さちお）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第　56　号
学位授与の日付	昭和34年7月14日
学位授与の要件	工学研究科精密機械学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	**表面脱炭が機械構造用炭素鋼の疲労強さに及ぼす影響に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 小島 公平 (副査) 教授 菊川 眞　教授 篠田 軍治 教授 田中 義信　教授 千田 香苗

論文内容の要旨

本論文は表面脱炭した機械構造用炭素鋼材の静的ならびに動的な機械的性質，殊に疲労強さを重点的に研究したもので8章から成っている。

第1章は総論である。鋼が脱炭して表面にフェライトの多い層をもつときは，その機械的性質殊に疲労強さは大きな影響を受ける。従来の脱炭鋼に関するこの種の研究は主としてバネ鋼について個々に行われ，系統的な研究は見当らないので本研究は機械構造用炭素鋼 S55C について 0.15～0.5mmの深さの脱炭層をもつ焼準組織および焼入焼戻調質組織の試験片につき，引張試験，シャルピー衝撃試験，および片持梁型回転曲げ疲労試験を行い，脱炭によってその機械的性質，疲労寿命，ならびに疲労耐久限，および水中における腐食疲労強さが変化する状況を求めた。又脱炭によって減少する疲労強さの上昇対策としてショット・ピーニングを施し，これによる疲労耐久限の上昇状況を求めた。又小野式回転曲げ疲労試験機を用い2段重複繰返荷重における過小応力が脱炭鋼の疲労耐久限におよぼす影響を求めた。

これらの研究と同時に脱炭鋼における内部応力の分布や脱炭鋼にショット・ピーニングを行うことによる内部応力の変化状況をも測定した。

これら一連の研究によって脱炭による鋼の機械的性質，殊に疲労強さに及ぼす影響，ならびにその強化策を求め，諸現象に対する原因を解明して機械の設計ならびに製造に資料を供しようとしたものである。

第2章は表面脱炭鋼の静的機械的性質並びにシャルピー衝撃値についての実験結果である。0.05～0.5mm の脱炭層をもつ 0.61%C 炭素鋼の抗張力は，脱炭深さが深くなると共に少し減少し，伸び絞りは脱炭深さ 0.15mm において最小値を取り，その他の場合は大きい値を示した。シャルピー有溝衝撃値は脱炭深さ 0.3mm において最も小さく，他は何れも上昇して脱炭深さに拘らず無脱炭鋼の衝撃値よりも約2倍以上の大きさを持ち，脱炭分により試片の表面がフェライト層でおおわれているときは強靱となることを見出し，その理由を解明した。

第3章は表面脱炭鋼の内部応力の測定で，脱炭鋼の横断面に残留する内部応力は何れの脱炭深さのものにおいても表面に引張内部応力，中心部に圧縮内部応力が分布していて，脱炭深さの浅いもの程表面における最大引張内部応力の値は大である。脱炭深さ 0.15mm～0.5mm でそれぞれ 50～27kg/mm^2 であり，これに対し中心部の最大圧縮内部応力は小さくて 3～6 kg/mm^2 程度であった。これらのものにショット・ピーニングを行えば内部応力の分布は反対となり，表面部に圧縮内部応力，中心部に引張内部応力が分布し，脱炭深さの深いもの程最大内部応力の値は大きくなっている。

第4章は表面脱炭が片持梁型回転曲げの集中応力による疲労強さに及ぼす影響についての実験結果で，A型（試験片の摑み部と試験部と同径のもの），B型（摑み部を試験部よりも太くしたもの）の2種の脱炭試験片を使用して実験した。焼準鋼においてはA，B両試験片とも脱炭によって疲労耐久限は減少し無脱炭鋼に比べて脱炭深さ 0.3mm でA型は 20%，B 型は 30% 減少している。又これを焼入焼戻調質するときは何れの脱炭深さにおいても疲労耐久限は 30～50% 上昇する結果が得られ，これらの実験結果に対する理由を解明した。

第5章は表面脱炭鋼の水中腐食疲労についての研究であって水中腐食疲労強さ(10^7)は空気中よりも無脱炭鋼で 20%，脱炭鋼（0.15mm 深さ）で14%減少した。然し脱炭深さが 0.4～0.5mm となるときは空気中よりも却って疲労強さは強くなり，その割合は 8.3～9.0% に及んでいる。これは表面に存在する引張内部応力，フェライト層の耐食性ならびに水による試片の温度上昇の阻止等の相互作用によって腐食疲労亀裂の発生ならびにその進展状況が異なるためであると考えた。

第6章においてはこのように鋼の表面脱炭によって低下する疲労耐久限や寿命の上昇策としてショット・ピーニングを行ったところ脱炭深さ 0.3mm までのものでは著しく上昇し，その上昇率は 45% に及んだ。しかし脱炭深さがこれよりも深くなると上昇率は漸減する結果を得た。

ショット・ピーニングによる疲労耐久限の上昇はピーニングによる加工硬化，ならびに表面層における引張内部応力の圧縮内部応力への変化によるものとした。

第7章は2段重複繰返荷重における過小応力が脱炭鋼の疲労耐久限におよぼす影響についての実験結果で小野式回転曲げ疲労試験機を用い，無脱炭鋼ならびに脱炭深さ 0.5mm の脱炭鋼について実験したところ，過小応力の大きさが疲労耐久限に近い程疲労耐久限の上昇率は大きくなって脱炭鋼では16%，無脱炭鋼では2%に及んでいる。この上昇理由を過小応力の繰返による脱炭層の加工硬化，および表面の引張内部応力が圧縮内部応力に変化するによるものとした。

第8章は結論で第2章から第7章までの実験結果，ならびにそれらの諸結果に対する理由の解明を要約したものである。

論文の審査結果の要旨

本論文は，機械構造用炭素鋼の表面脱炭が疲労強さに及ぼす影響をしらべると共に，その強化策を求めるために行った実験的研究を記述したもので，全体は8章から成立っている。

第1章は総論で，疲労強さに対する表面状態の影響の重要性について述べ，特に外部からの判別が困難

な表面脱炭の疲労強さに与える影響が大きいのにかかわらず，これらに対する従来の研究はバネ鋼に限られ，しかも繰返荷重の方法，腐食の影響，あるいは脱炭によって低下した疲労強さの回復策などについて一貫した研究がなかったことを指摘し，炭素含有量 0.61% の S55C について系統的な実験を行う研究の意義を明らかにしている。

第2章では疲労強さに及ぼす影響を究明するための資料とする意味において，S55C に対する静的引張試験による機械的諸性質，およびシャルピー衝撃値に対する脱炭の影響を調べた結果，0.05～0.5mm の脱炭層をもつ場合伸び，絞りは脱炭深さ 0.15mm で最小となること，およびシャルピー有溝衝撃値は脱炭深さ 0.3mm で最小となるが脱炭深さの如何にかかわらず無脱炭鋼の2倍以上の値を示すのは表面のフェライト層における変形が亀裂の発生を遅らせるものであることを明らかにしている。

ついで第3章では，酸で順次表面層を溶去した後の長さの変化を測定する方法によって，脱炭鋼の横断面内に残留する内部応力の分布を調べた結果，表面に引張，内部に圧縮応力を認め，表面の引張応力の値は脱炭層の深さの浅いもの程大きいことを見出した。また，ショットピーニングを施すときは内部応力は逆に表面は圧縮，内部は引張に変化するが，これらは熱処理にともなう組織変化と熱応力，およびショットピーニングによる加工応力からよく説明されると述べている。

さて表面脱炭の疲労強さに及ぼす影響であるが，第4章では先ず片持梁型回転曲げ疲労試験を行った結果，焼準鋼では疲労耐久限は脱炭深さの増大と共に急激に減少することを知り，その原因として表面の残留応力，および脱炭部の低い疲労強さの二つを考え，またこれを焼戻調質するときは脱炭層の深さにかかわらず疲労耐久限は上昇することを見出すと共に，fretting corrosion が発生する状態では疲労耐久限の低下は調質鋼の方がかえって大きいことをも見出した。

また第5章では水中の腐食疲労に関する実験について述べているが，しばしば用いられる流水を試験片に注ぎかける方法では腐食生成物が不均一に洗い流されるため，局部的に腐食が進行するおそれがあり，一定条件で腐食疲労試験をすることが困難であることを指摘し，そのため著者の考案した一定量の水中で繰返し曲げ荷重を与える装置をつくり腐食疲労強さ，および腐食状況と亀裂との関係を調べた結果，脱炭深さによっては空気中の場合より却て疲労強さが増大することがあることを見出したが，これは脱炭深さによって腐食疲労亀裂の発生，およびその進展状況が異るためで，表面の残留応力，フェライトの耐食性，水による試験片の温度の上昇の阻止などの相互作用によるものであると説明している。

次に表面脱炭鋼の疲労強さの回復策として，ショットピーニングを取り上げ，第6章でその影響を調べているが，これによると何れもショットピーニングにより，かなり疲労強さを上昇させ得ることがわかったが，その理由としては，ピーニングによる加工硬化，および内部応力の変化をあげている。また，二段重複繰返荷重における過小応力も疲労耐久限を上昇させるものと考えられるので，第7章においては脱炭鋼に及ぼすこれらの影響をみるため，繰返回転曲げ試験を行った結果，過小応力の大きさが疲労耐久限に近いほど，また脱炭鋼ほど疲労耐久限の上昇率が大きいことを明らかにすると共に，その原因が過小応力による表面脱炭層の加工硬化，および残留応力変化にあるものと考えた。

第8章は結論で，以上の諸結果およびその考察から脱炭の疲労強さに及ぼす影響が明らかになると共に，その回復策としてショットピーニングが有効な手段を与えることを述べている。

これら一連の研究は機械構造用鋼 S55C について脱炭層の深さ，熱処理をかえて，機械的諸性質，残留応力，疲労強さ，fretting corrosin 下の疲労強さ，腐食疲労強さ，およびショットピーニングや過小応力の疲労強さに対する影響などを系統的に調べたもので，数多くの実験を周到な計画の下に進め，機械の設計製作に対して有用な資料を提供するのみならず，脱炭により低下した疲労強さの回復策としてのショットピーニング法についても具体的なデータを示している。また種々の実験結果を従来のバネ鋼についての結果とも比較対照しつつ，その考察において疲労に対する表面の役割の本質にもふれ，工学上および工業上貢献するところが少くない，よって本論文は博士論文としての価値あるものと認める。