

氏名(本籍)	鮎谷清司(兵庫県)		
学位の種類	工学博士		
学位記番号	工第119号		
学位授与年月日	昭和45年9月16日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当		
最終学歴	昭和31年3月 名古屋工業大学金属工学科卒業		
学位論文題目	浸炭焼入れしたCr・Moはだ焼鋼に関する 研究 (主査)		
論文審査委員	教授 今井勇之進	教授 須藤 一	
	教授 横堀 武夫	教授 戸部 俊美	

論文内容要旨

浸炭焼入れ処理は工業的にひろく用いられ、特に自動車の駆動用歯車はほとんど全て近代的な連続式ガス浸炭炉により浸炭焼入れ処理を行なっている。浸炭焼入れした鋼材、および部品の性質あるいは強度に関しては古くより数多くの研究が行なわれてきたが、それらは主として固体浸炭法に関するもので、しかも主として鋼材の比較などを目的としたものが多く、ガス浸炭法に関する研究で、特に自動化設備を用い、量産時に問題となる鋼材の諸性質の変動の影響に関する研究は非常に少ない。このため、鋼種の比較および選定、あるいは製造工程における処理条件の設定を行なうために必要な基礎資料がえられていない。したがってのはだ焼鋼の工業的な使用を考えた立場からの研究は、同一鋼種内における鋼材の諸性質の変動と浸炭条件の影響とを充分比較検討しなければならない。

そこで本研究は、このような観点から現在浸炭焼入れした部品の品質の工業的な判定基準とされてい有効硬化層深さ(BCDと略称する)を、鋼材の焼入れ性および全浸炭深さ(TCDと略称する)の

2 因子にわけて考え、現在、国内で自動車の駆動用歯車としてもっとも多く用いられている。Gr1-M0 は焼鋼について、これらの因子と工業的生産の手法により長炭焼入れた鋼材および歯車の耐衝撃性および耐疲労性などの動的機械的性質との関係、さらにこれらの機械的性質におよぼす表面異常層および残留応力の影響などを明らかにしたものである。

第1章序論では、長炭焼入れた鋼の各種性質および研究の目的について述べた。

第2章では、まずTCDの動的機械的性質におよぼす影響について検討し、長炭時間の影響についての基礎的知見をあたえた。すなわち、工業的生産において、鋼材の諸性質の変動が長炭焼入れた鋼材の動的な機械的諸性質におよぼす影響に関する検討をすすめるのにさきだって、JISにとりあげられているECD、衝撃値、衝撃疲労強さおよび回転曲げ疲労強さなどの性質を対象とし、長炭時間の影響について検討した。その結果、長炭時間の増加につれてECDは増し、衝撃値は低下するが、切欠付衝撃疲労強さは図1に示したように1時間以内の長炭で、また平滑面回転曲げ疲労強さは図2に示したように5時間近傍の長炭で、それぞれ最大の疲労強さがえられることを示した。この結果によれば、長炭焼入れた鋼材の比較を行なうにあたっては長炭時間の影響についても充分考慮する必要があると考えられる。また試験方法により、長炭時間におよぼす影響がことなるので実用部品はその使用条件に適した長炭条件を選定する必要があるとの結論が導かれる。

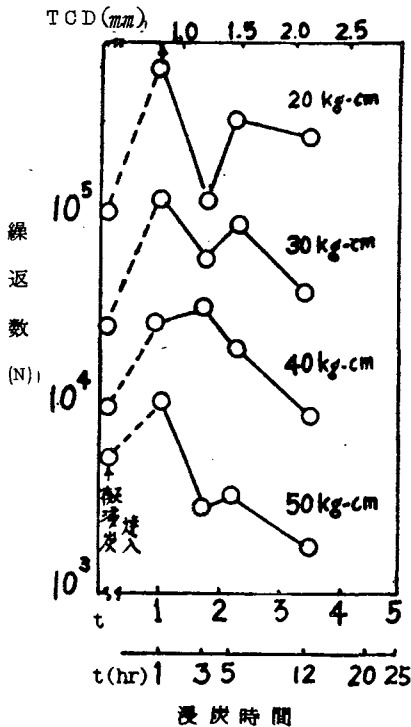


図1 長炭時間による衝撃疲労寿命の変化

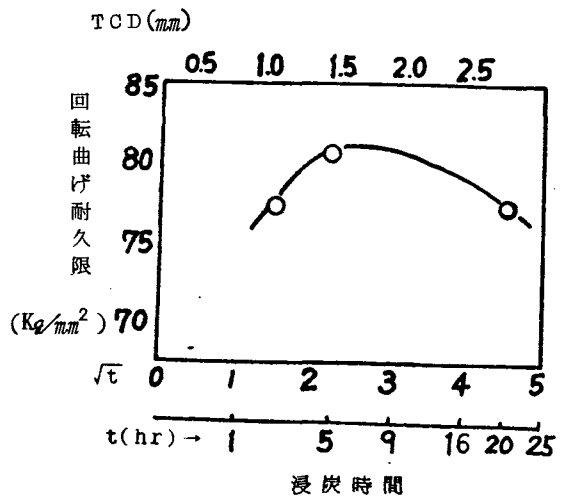


図2 長炭時間による回転曲げ耐久限の変化

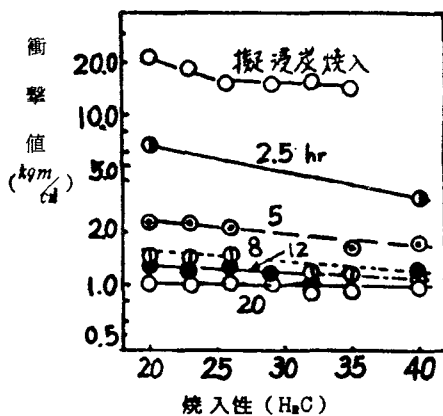


図3 浸炭時間および母材の焼入性の衝撃値におよぼす影響

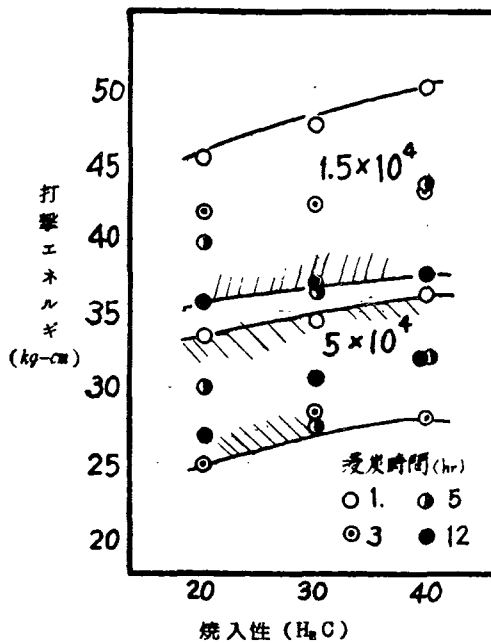


図4 母材の焼入性と 1.5×10^4 , 5×10^4 衝撃疲労寿命の関係

第3章では、鋼材の焼入性の動的機械的性質におよぼす影響について検討し、鋼材の焼入性の影響についての基礎的知見をあたえるとともに、TCDの影響との相異点を明らかにした。すなわち、工業的生産における鋼種および浸炭条件の選定にあたって考慮すべき点を明らかにするため、第2章と同様にECD、衝撃値、切欠付衝撃疲労強さおよび平滑回転曲げ疲労強さなどの性質を対象とし、実用のCr-Mnはた焼鋼の焼入性のほとんど全ての範囲を包含する種々のロットより製作した試料に種々のTCDを与えて試験を行なった。その結果、同一浸炭時間では母材の焼入性の高いほど内部かたさは高く、ECDは深くなり、衝撃値は図3に示したように低下する。一方衝撃疲労強さは図4に示したように焼入性の高いほどすぐれているが、図5に示したように浸炭時間の増すにつれて複雑な過程をへて低下すること、また一方、回転曲げ疲労強さは図6に示したように中間の焼入性で、すなわち内部かたさが約HV約400で最大となるが5時間浸炭の条件ではその変化も小さいことを示した。

これらの点から、鋼材の焼入性および浸炭時間はともにECDを増す因子であるたもかかわらずそれらの強度におよぼす影響はたがいに異なっていることをあきらかにした。

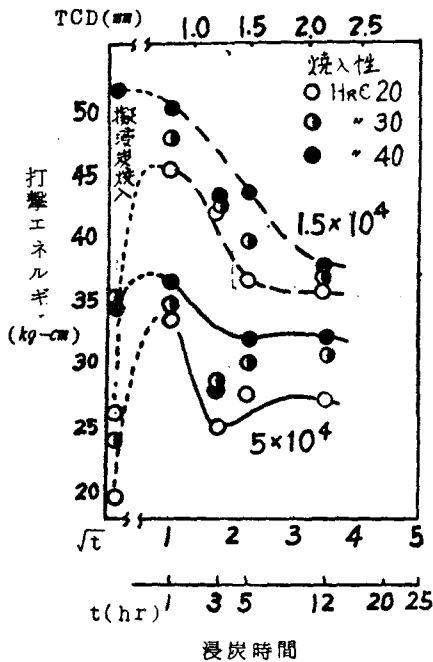


図5 浸炭時間と 1.5×10^4 , 5×10^4 衝撃疲労寿命の関係

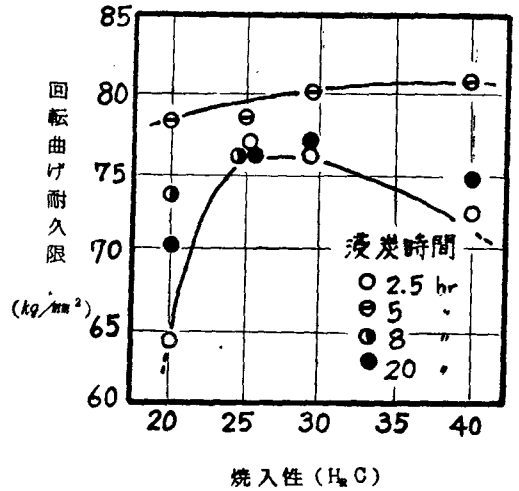


図6 回転曲げ耐久限におよぼす母材の焼入性の影響

第4章では、浸炭焼入れした鋼材の破壊過程について討論し、浸炭硬化層および内部のかたさが各種機械的性質におよぼす影響を明らかにした。すなわち、衝撃破壊過程をその応力-ひずみ曲線にもとづいて解析を行ない、さらに microfractography などによる各種試験片破面および表面異常層の詳細な観察結果からこれに考察を加えた。その結果、衝撃破断時に亀裂が発生する最高荷重は図7に示したように浸炭時間の増すほど低下し、母材の焼入性の高いほど大きいこと、すなわち衝撃値の挙動とは必ずしも一致しないことを明らかにした。また図8に示したように、浸炭時間の増すにつれて増加する表面異常層の強度におよぼす影響について、破面の観察結果を加味して考察を加えた。これらの結果によれば、母材の焼入性および浸炭性はともに TCD を増加する因子であるが、それらが強度におよぼす影響はたがいにことなり、前者は破断強度を向上するが、後者はそれを低下させるとの結論が導かれる。

第5章では、浸炭焼入れした鋼材の内部応力について検討を加えた。その結果、浸炭焼入れした鋼材の内部応力は図9に示したように浸炭硬化層では圧縮残留応力であり、応力繰返しにより、20~30%減衰するが、最表面の圧縮残留応力値は図10に示したように約5時間の浸炭で最大とな

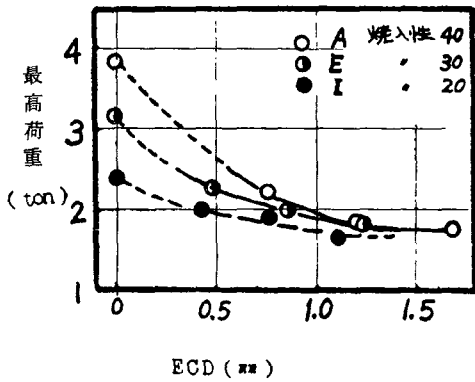


図7 ECDと最高荷重との関係

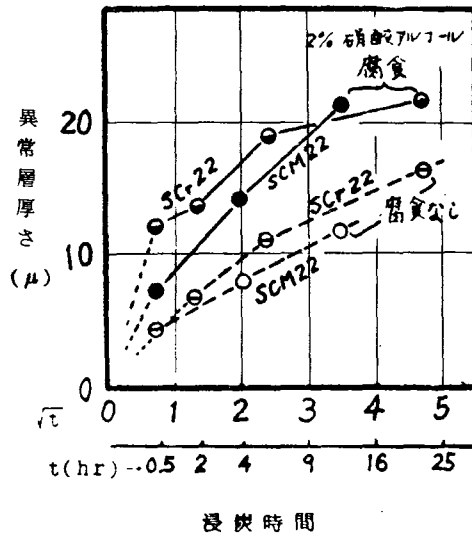


図8 ガス浸炭焼入れにおける浸炭時間と表面異常層の厚さとの関係

り、回転曲げ疲労強さと良い対応のえられることを明らかにした。このような点に関する研究は従来ほとんどみられないが、この結果より、浸炭焼入れした鋼材あるいは部品の内部応力の挙動および熱処理との関係について今後さらに検討を加え、有効な活用をはかる必要のあるとの結論が導かれる。

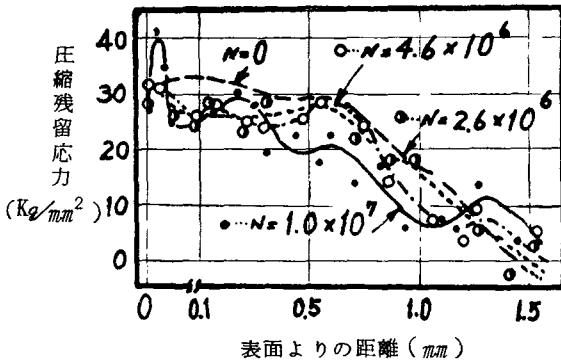


図9 応力繰返しによる残留応力分布の変化 (C材, 5時間浸炭焼入れ)

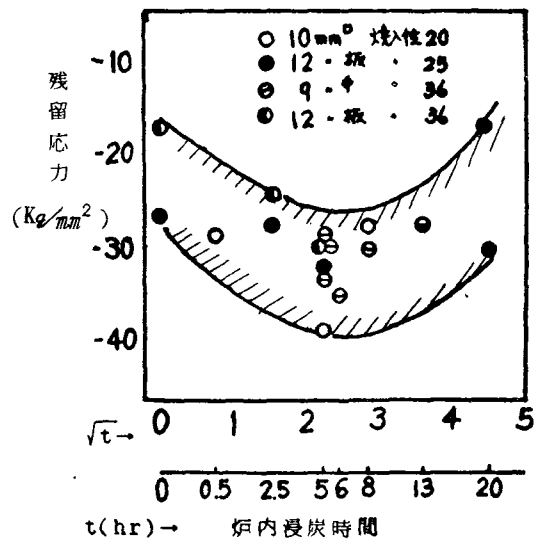


図10 表面残留応力と浸炭時間の関係

第6章では、浸炭入れにした歯車の曲げ疲労強さにおよぼす鋼材の焼入性および浸炭時間の影響について検討した。すなわち各種の焼入性をもった鋼材より製作したモジュール3の歯車に種々のTCDを与えた試料について油圧パルセータ式歯曲げ疲労試験および動力循環式歯曲げ疲労試験を行ない標準的な試験片による結果との対応性について検討を加えた。その結果、歯の曲げ疲労強さは図11に示したように中間の焼入性で最大値を示し、一方図12に示したように1時間近傍の浸炭で最大値が得られるが、前者の影響は後者に比べてかなり小さいことおよび、5~8時間の浸炭条件で疲労強さの変化が少ないことを明らかにした。またさらに歯の疲労破面のmicrofractographyによる詳細な観察を加え、その疲労強さの挙動は切欠衝撃疲労と回転曲げ疲労挙動との中間の傾向を示すこと、すなわち、これらの試験片による検討により歯車の強度をある程度は握ることができる可能性のあることを明らかにした。

第7章では、主として歯車を目的としてみた鋼材および浸炭時間の選択における指針について述べた。すなわち、歯車用鋼材およびその浸炭条件などは、その歯車の用途、使用条件などに応じて曲げ疲労強さのみならず、耐摩耗性、耐ピッチング性などをも考慮して定める必要があることはいまでもないが、通常の標準的な自動車用歯車の場合には、5時間程度の浸炭が適当であること、さらにHv400近傍の内部かたさが保証されるならば鋼材の焼入性を特に保管する必要は少なく、また現用鋼種よりも低級な鋼種でも使用しうる可能性のあることを述べた。これらの考え方に基いて、浸炭硬化層の焼入性を保証しうる範囲でCrおよびMoの含有量を節約した低コストな新鋼種を提案し、その開発および実用化に成功したことを示した。

第8章では、本研究の結論を要約した。

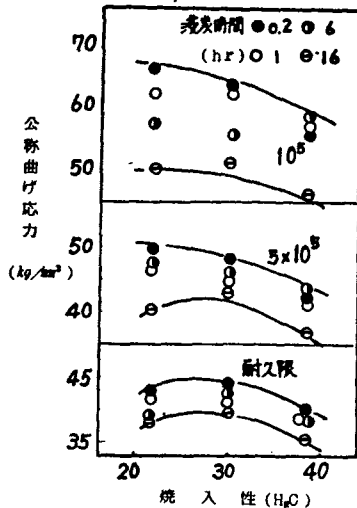


図11 歯曲げ疲労試験の時間強さおよび耐久限におよぼす焼入性の影響

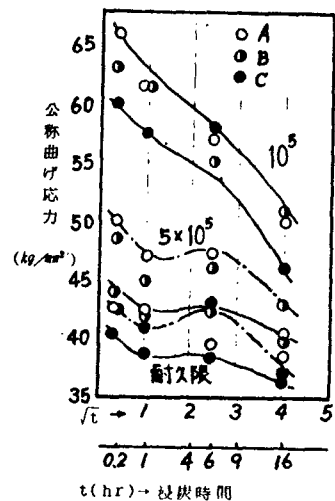


図12 歯曲げ疲労試験の時間強さおよび耐久限におよぼす浸炭時間の影響

審査結果の要旨

鋼の表面硬化法として浸炭法は重要であり、とくに車輛の駆動用歯車の場合にはほとんどこの処理が行なわれている。従来は固定浸炭剤を用いて予め浸炭し、その後改めて複雑な熱処理を行なう方法がとられており、これらに関する研究は数多く発表されてきた。しかし、近年、生産性向上のため、ガス浸炭を行ない、その温度から直ちに焼入れる方法が急速に普及したが、これに関する技術上の基礎を明らかにした論文は少ない。本論文は、はだ焼鋼の材質、浸炭焼入れ条件と、処理後の機械的性質の関連を詳細に調べ、組織、内部応力などの測定結果にもとづいて考察を加えた研究をまとめたもので、全編8章より成る。

第1章は序論である。

第2章では一定の材質の鋼を用いて浸炭時間と機械的性質の関係を明らかにしている。たとえば衝撃疲労強さの場合は1時間浸炭、平滑、回転曲げの強さの場合は5時間浸炭が最適であるというように、最適浸炭時間は対象とする機械的性質によって異なることを示している。

第3章では材質と機械的性質の関係を示している。たとえば焼入性がよい鋼ほど衝撃値は低下し衝撃疲労強さは向上するが、回転曲げ疲労強さはJIS規格範囲で中程度の焼入性の鋼でもっとも高い値が得られることを示している。

第4章では、衝撃破壊の応力-ひずみ線図、破面組織、表面異常層の観察結果を示すとともに、材質の焼入性および浸炭時間と衝撃特性との関連性を説明している。

第5章では、浸炭焼入した鋼、および繰返応力を負荷した後の試料の内部応力の測定結果を示すとともに耐久限と材質および浸炭条件の関連性を内部応力の立場からよく説明できることを示したもので、本論文の主要部をなしている。

第6章ではモジュール3の歯車の曲げ疲労強さにおよぼす焼入性と浸炭時間の影響を示したもので、この結果は前章までに使用した普通試験片による衝撃疲労挙動と回転曲げ疲労挙動との中間的な傾向を示すことを述べている。

第7章では前章までの結果にもとづき、使用目的別に鋼材および浸炭条件の選択の指針およびそのさいの判定基準を述べている。そして、自動車用一般歯車の場合、HV400の内部硬さが得られるならばCr、Mo含有量を節約した新鋼種でも、その諸性能は従来の鋼と同等であることを具体的に示している。

第8章は結論である。

以上要するに本論文は金属工学の立場から浸炭焼入れした鋼の破壊挙動を明らかにし、ガス浸炭作業の指針を与えたものであり、金属工学および工業上寄与するところ少なくない。

よって本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。