

浸炭焼入層の機械的強度に 及ぼす拡散性水素の影響

平成28年12月8日

國友熱工(株) ○坪田輝一、上島康嗣

目的

JIS規格に準じてガス浸炭焼入れ焼戻しを施したネジ製品に生じる遅れ破壊は、製造過程および使用環境中から侵入した拡散性水素による脆化が原因と考えられている。

しかし、現実には・・・

- ・焼戻しおよびメッキ後のベーキング処理が十分に施されている。
- ・環境中からの拡散性水素の侵入が無い。

このようなネジ製品においても、しばしば遅れ破壊が生じ、その破断面浸炭層には水素脆化の特徴である粒界破面が観察される。

水素脆性の研究において、水素の作用は塑性変形に伴う原子空孔の生成とその凝集を助長するとの報告がある。



“浸炭焼入れ時のマルテンサイト変態においても、水素は同様に作用するのではないか？”

焼入れ変態前の拡散性水素の有無が、浸炭焼入層の機械的性質に及ぼす影響について比較実験を行った。

実験方法と浸炭条件

・実験方法

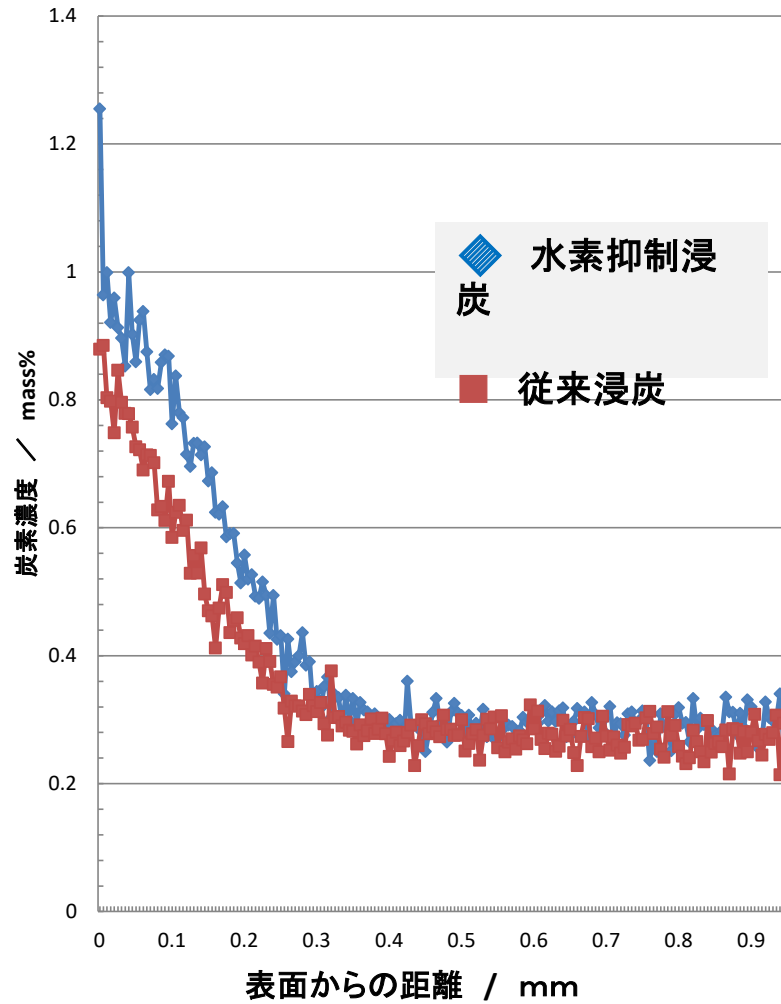
① 真空浸炭法を活用して“水素抑制浸炭技術”を開発

	浸炭方法	浸炭条件	冷却	焼戻し
従来浸炭材	従来浸炭	890℃ x 30分	油冷 (60℃)	360℃ x 45分
水素抑制浸炭材	真空浸炭	890℃ x 15分		

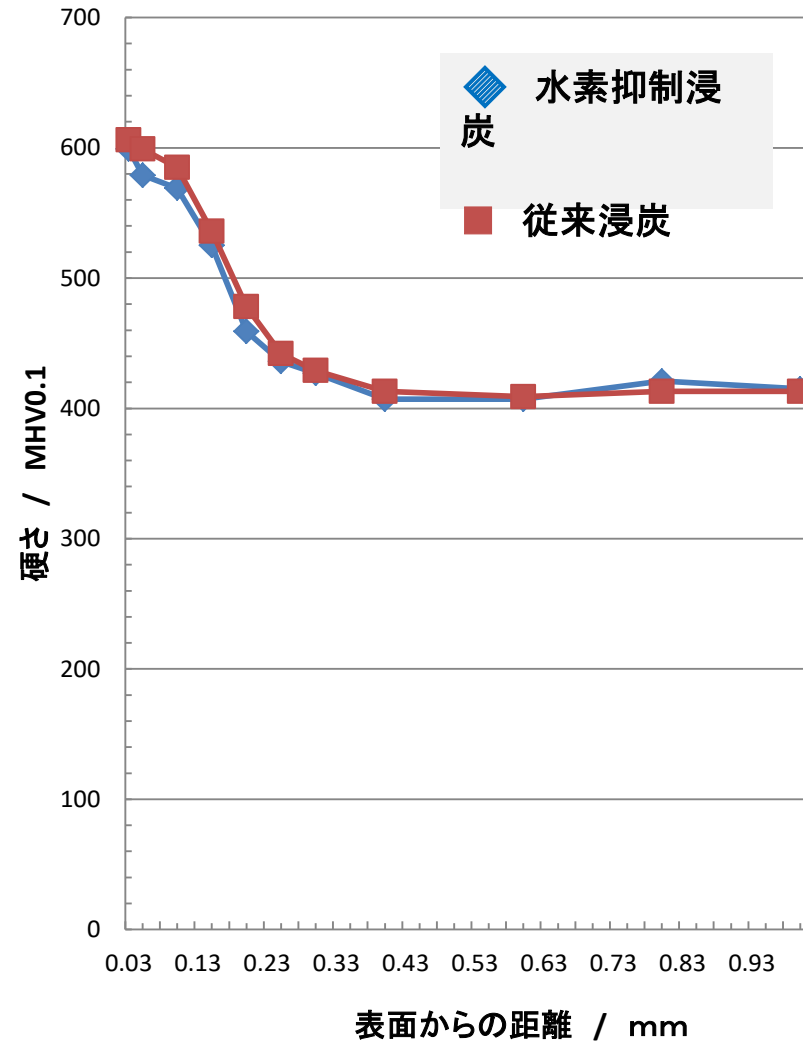
各種試験片を作成後、それぞれの浸炭処理を施して以下の実験に供した。

- ② 昇温離脱法による拡散性水素量の測定
- ③ ネジ状試験片の引張試験(CSRT試験)
- ④ 陽電子ビーム消滅法による空孔性欠陥の測定
- ⑤ 浸炭焼入層の引張試験(SSRT試験)

試験片の浸炭層性状

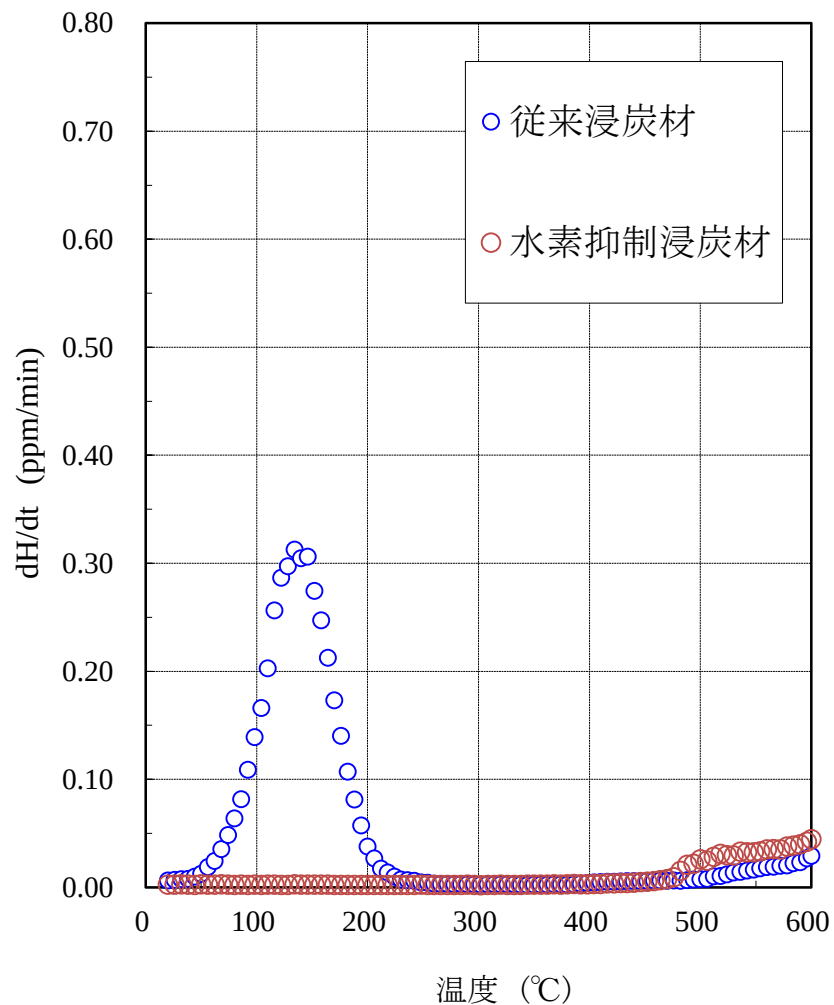


断面炭素濃度分布



断面硬さ分布

拡散性水素量の測定結果

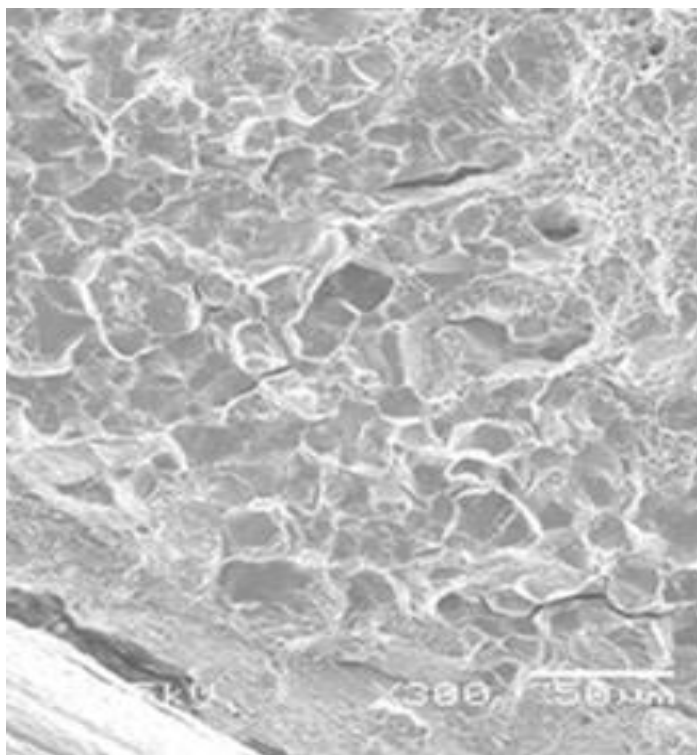
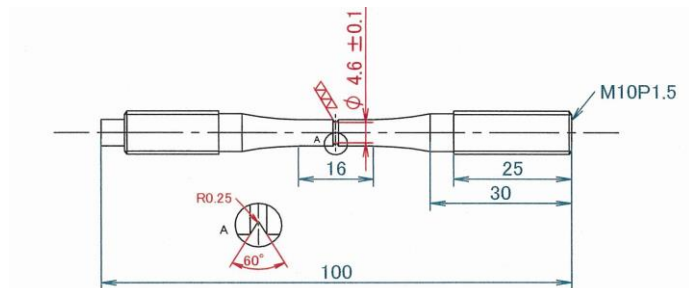


浸炭焼入れ直後および焼戻し後の試験片に吸蔵されている積算水素量

		積算水素量[wt.ppm]	
		R T ~ 300°C 拡散性水素	R T ~ 600°C
生 材	–	0.060	0.880
従来浸炭材	as Q	2.079	2.303
	as T	0.020	0.180
水素抑制 浸炭材	as Q	0.058	0.447
	as T	0.020	0.170

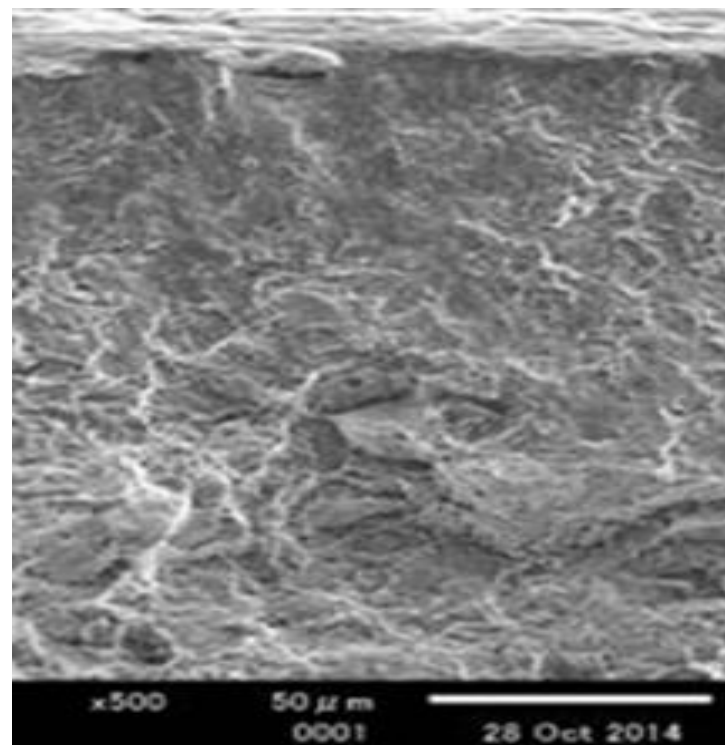
浸炭焼入れ直後の試験片の水素放出曲線

ネジ状試験片の引張試験(CSRT試験)破断面SEM観察



50μm

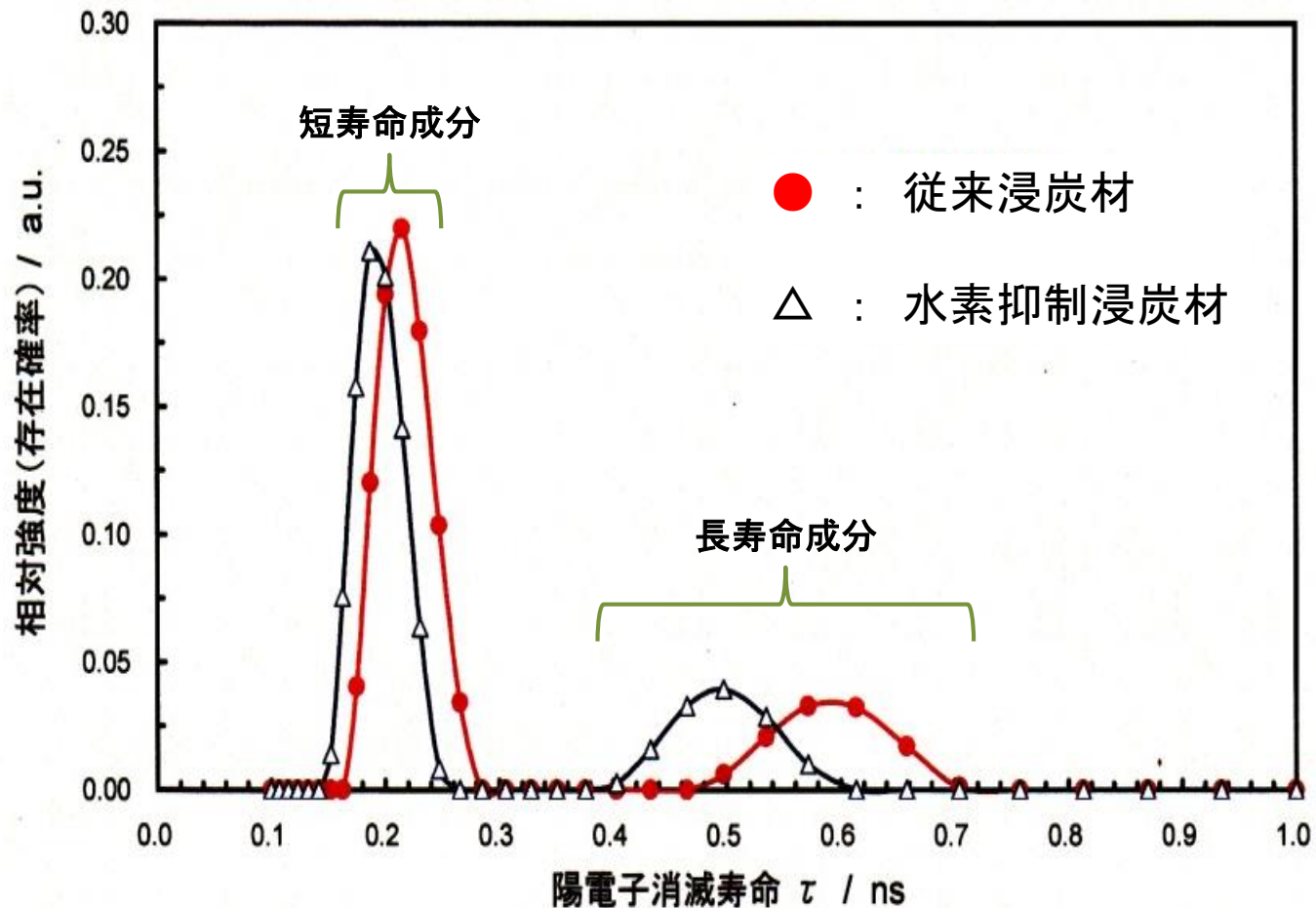
従来浸炭材



50μm

水素抑制浸炭材

空孔性欠陥測定結果



浸炭焼入れ・焼戻し後の試験片の陽電子消滅寿命分布曲線
(短寿命成分と長寿命成分の2成分解析)

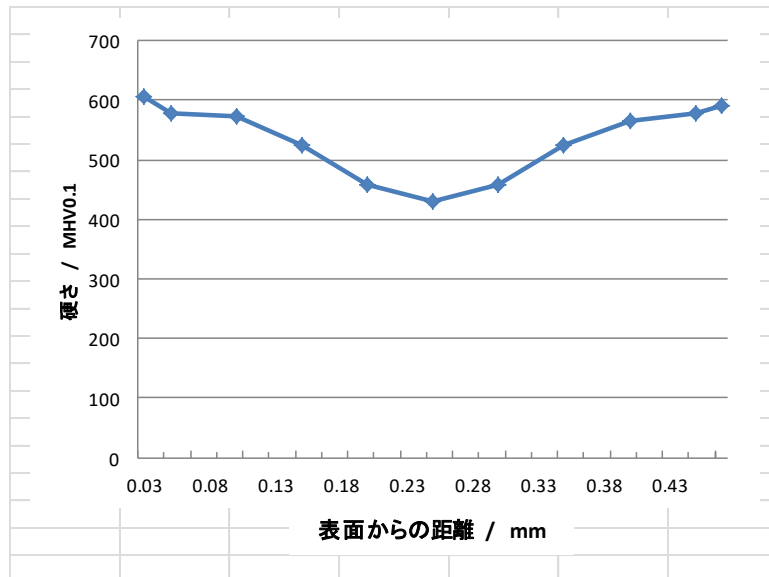
浸炭焼入層の引張試験(SSRT試験)

【試験片評価部寸法】

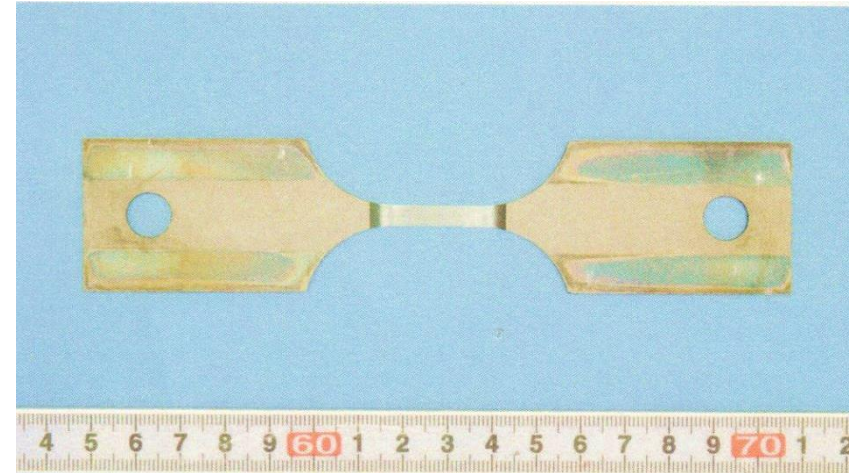
W5 × L20 × T0.5

【試験条件】

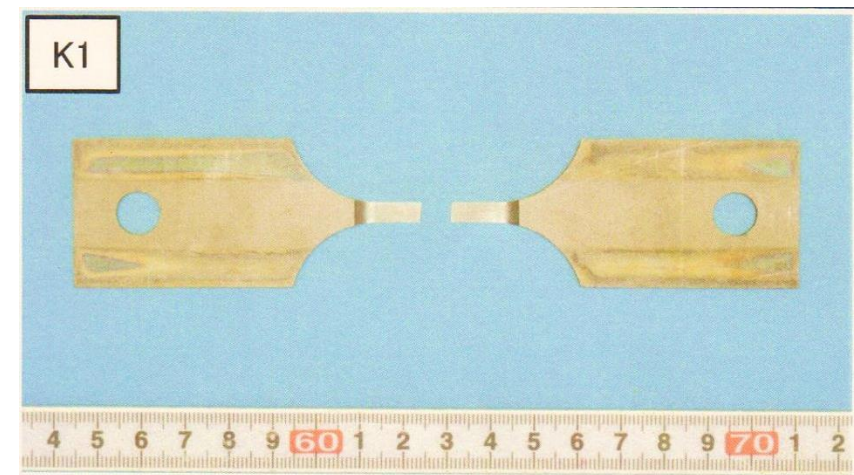
- ・試験環境: 室温、大気中
- ・試験速度: $5\mu\text{m} / \text{min}$.



評価部の断面硬さ分布

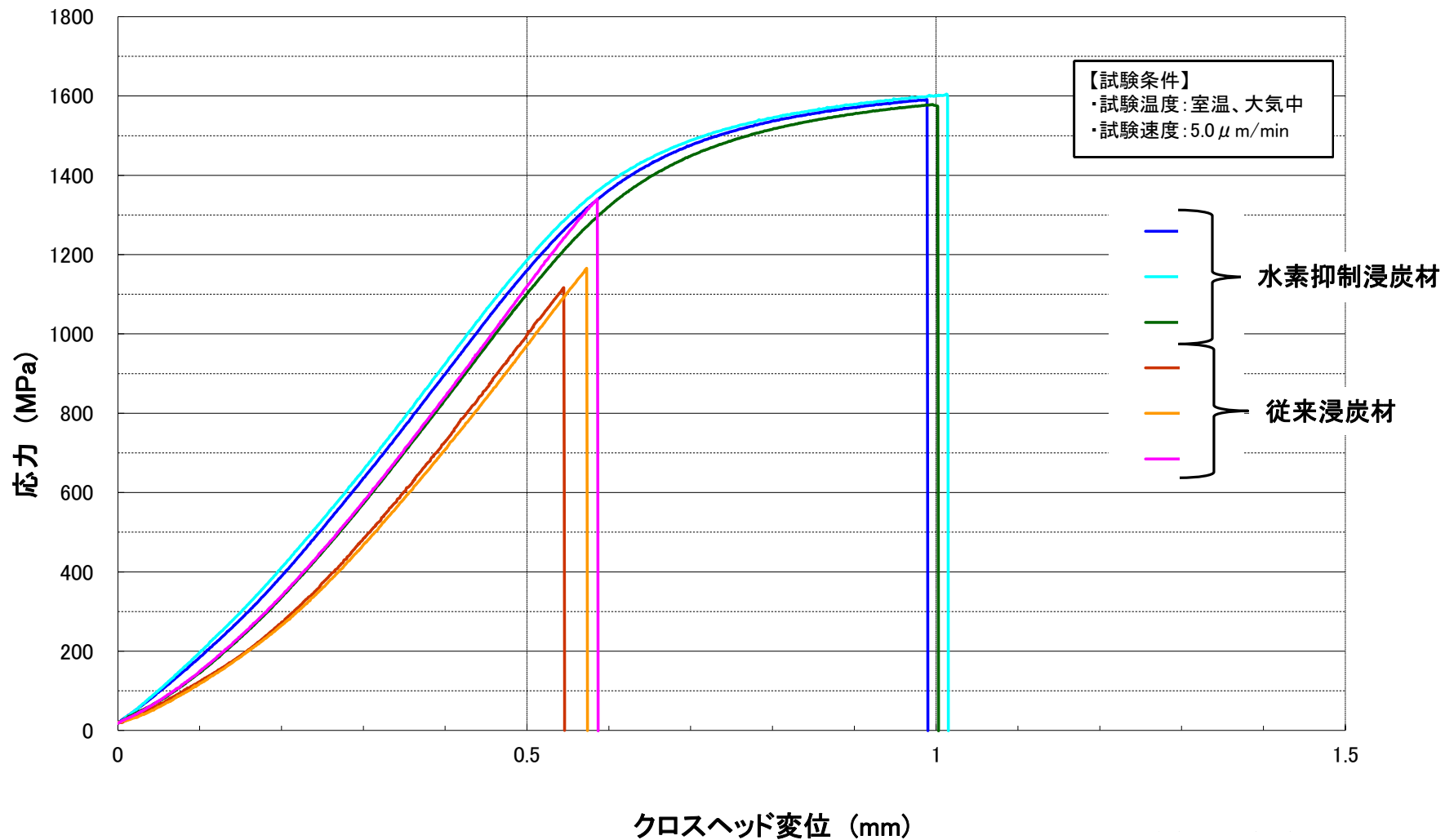


試験前



試験後

浸炭焼入層の引張試験(SSRT試験)結果



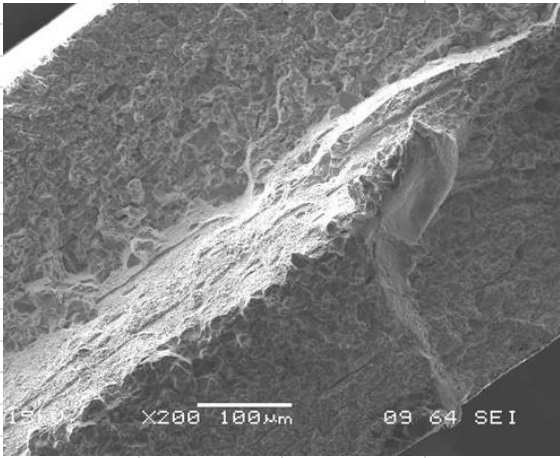
浸炭焼入れ・焼戻し後の試験片のSSRT試験による応力-伸び線図

SSRT試験片の破断面SEM観察

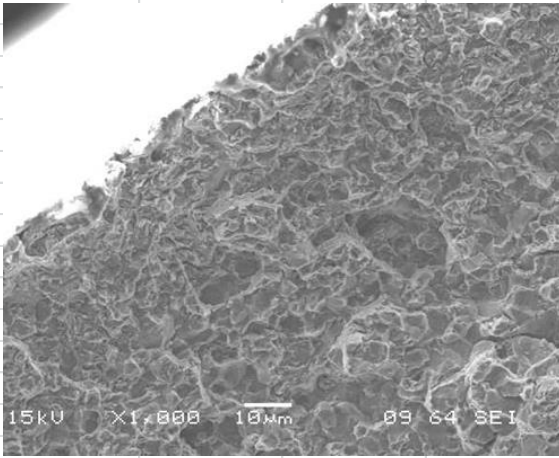
表層部

肉厚中心部

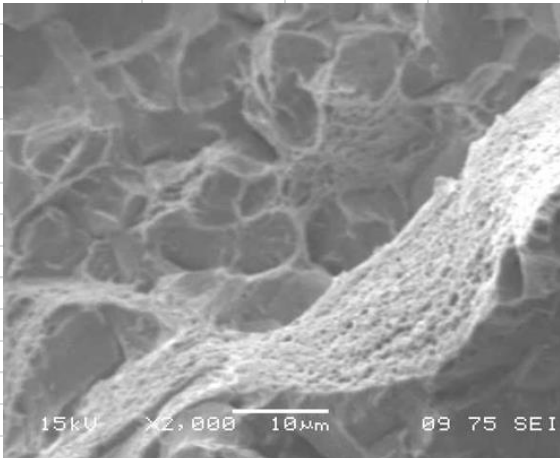
従来浸炭材



100μm

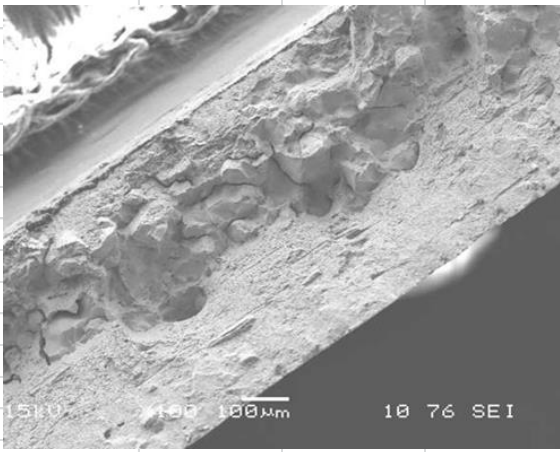


10μm

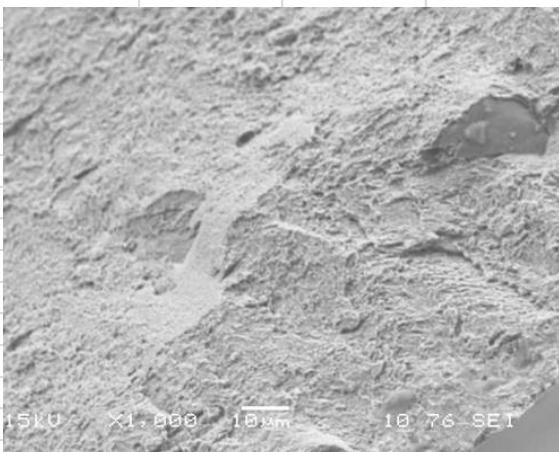


10μm

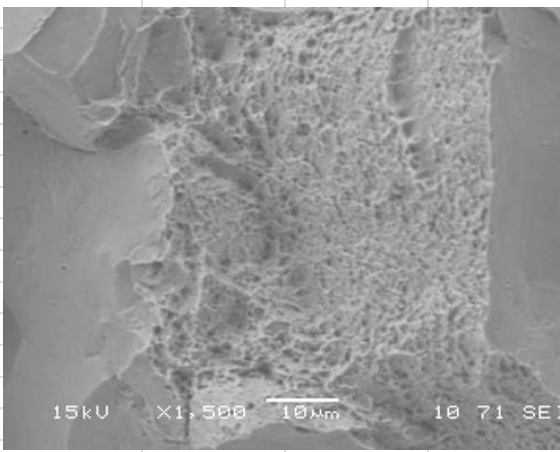
水素抑制浸炭材



100μm



10μm



10μm

まとめ

浸炭焼入れ・焼戻し処理において、焼入れ変態前に吸蔵されている拡散性水素量を素材と同等以下まで低減すると・・・

- 焼入れ変態(マルテンサイト変態)時に形成される空孔性欠陥のサイズは小さくなるものと考えられる。
- 浸炭焼入層の引張試験による破断面は、粒界破面から延性的な破面に移行し、その破断応力と伸びが向上する事を確認した。

以上より、浸炭焼入れ直前に存在する拡散性水素を低減する事により耐遅れ破壊性の向上など、浸炭焼入層の機械的強度を更に向上出来る可能性があると考えられる。