

【ミニ特集】超強加工により形成する組織写真集-13 表面・局部超強加工により形成する組織

超強加工による炭素鋼中のセメンタイトの変形と分解

Deformation and Dissolution of Cementite in Carbon Steels by Heavy Deformation

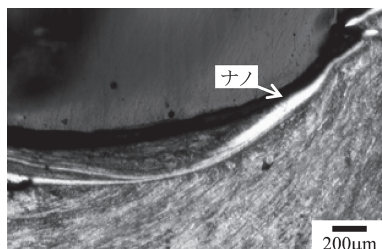
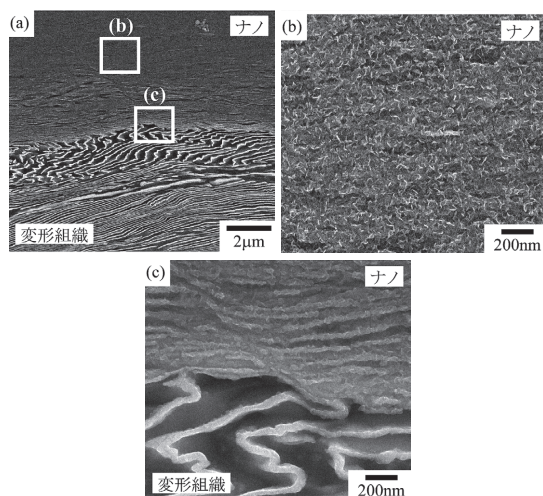
戸高 義一^{*1}、梅本 実^{*1}、大野 哲史^{*2}、鈴木 真由美^{*3}、川畑 雄士^{*4}、土谷 浩一^{*5}


図1 落錘加工（繰返し回数25回）後のFe-0.76mass% C パーライト鋼の光学顕微鏡組織


図2 落錘加工（8回）後のFe-0.80mass% C パーライト鋼のSEM組織
(b)、(c)は(a)中のナノ結晶粒組織(b)とナノ結晶粒/変形組織界面(c)の高倍SEM組織

セメンタイトは鉄鋼材料において重要な構成相であり、力学特性に大きな影響を与える。伸線加工やボールミリング¹⁾、落錘加工²⁾等の超強加工により、セメンタイトが分解することが報告されている。身近なところでは、鉄道用レール表面においても観察されている。落錘加工（円柱状錘（5kg）の下端に直径φ6mmボールを取付けて高さ1mから試料への落下を繰返す加工）をパーライト鋼に施すと、光学顕微鏡において白色に観察される組織が形成する（図1）。これをFESEMにより観察すると、図2(a)上部のように、均一なコントラストの組織として観察される。図2(b)の領域ではラメラセメンタイトが完全に分解し、分解前のセメンタイトの形態は認められない。一方、図2(c)では、セメンタイトが著しい変形を受けていることが分かる。また、図2(c)上部では、セメンタイトとフェライトの境界が不明瞭である。これはセメンタイトの一部が分解してフェライト中の炭素濃度が高くなり、腐食し難くなったためであると考えられる。図3に、セメンタイトが完全に分解した領域のTEM組織を示す。100nm程度のナノ結晶粒組織になっていることが分かる。SADパターンにおいて残留オーステナイトが認められることから、加工発熱により共析変態温度(A_{c1})以上に達したと考えられる。図2に示すように、ナノレベルの観察においても再結晶等の熱的な組織変化は認められない。このことから、加工発熱による温度勾配が極めて小

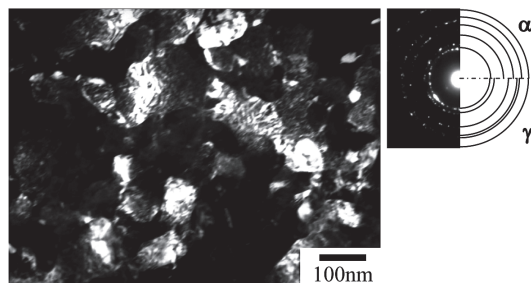
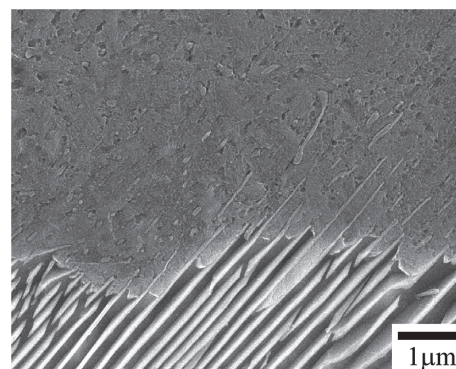


図3 Fe-0.80mass% C パーライト鋼に落錘加工（8回）後形成したナノ結晶粒組織のTEM組織（暗視野像）


図4 パルスCO₂ガスレーザー照射後のFe-0.76mass% C パーライト鋼のSEM組織（観察を容易にするため100℃、1hの焼鈍を行った）

さいことが分かる。加工に依らない短時間加熱による組織変化を調べるため、パルスCO₂ガスレーザー照射実験（平均出力150W、1000Hz（50% pulse-on）、ビーム径φ150μm）を行った²⁾。図4の上部は新生マルテンサイト組織であり、未相変態部との界面付近に残留のセメンタイトが観察される。この理由は、界面付近ではレーザー照射による温度上昇の程度が低いAr₁以下への冷却が速く、セメンタイトがオーステナイトへ分解する十分な時間がなかったためと考えられる。レーザー照射後の組織は、落錘加工後の組織（図2(c)）と酷似している。以上ことから落錘加工中のセメンタイトの分解は、不均一変形で生じる極めて短時間の温度上昇に起因すると考えられる。

参考文献

- 1) Y. Todaka, M. Umemoto and K. Tsuchiya : ISIJ Int., 42 (2002), 1430.
- 2) Y. Todaka, M. Umemoto, A. Ohno, M. Suzuki, Y. Kawabata and K. Tsuchiya : J. Alloy. Compd., 434-435 (2007), 497.

(2008年11月4日)

*1 豊橋技術科学大学生産システム工学系
*2 豊橋技術科学大学大学院生（現：高周波熱錬（株））
*3 豊橋技術科学大学大学院生（現：本田技研工業（株））
*4 豊橋技術科学大学大学院生（現：日立金属（株））
*5 豊橋技術科学大学生産システム工学系（現：（独）物質・材料研究機構）