

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-517915

(P2016-517915A)

(43) 公表日 平成28年6月20日(2016.6.20)

| | | | | |
|---------------------|-----------|---------|-------|-------------|
| (51) Int.Cl. | | F I | | テーマコード (参考) |
| C 2 1 D 8/00 | (2006.01) | C 2 1 D | 8/00 | A |
| C 2 2 C 38/00 | (2006.01) | C 2 2 C | 38/00 | 3 O 1 Y |
| C 2 2 C 38/60 | (2006.01) | C 2 2 C | 38/60 | |

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2016-506734 (P2016-506734)
 (86) (22) 出願日 平成26年4月13日 (2014. 4. 13)
 (85) 翻訳文提出日 平成27年12月7日 (2015. 12. 7)
 (86) 国際出願番号 PCT/AU2014/000416
 (87) 国際公開番号 WO2014/165934
 (87) 国際公開日 平成26年10月16日 (2014. 10. 16)
 (31) 優先権主張番号 2013205082
 (32) 優先日 平成25年4月13日 (2013. 4. 13)
 (33) 優先権主張国 オーストラリア (AU)

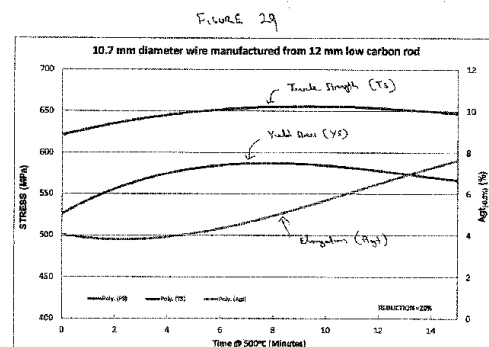
(71) 出願人 515281569
 ワンスティール リンフォーシング ピ
 ーティワイ リミテッド
 オーストラリア国 2 1 6 3 ニューサウ
 スウェールズ州 ヴィラウド シャドッ
 ク アベニュー 3 3
 (74) 代理人 100083806
 弁理士 三好 秀和
 (74) 代理人 100095500
 弁理士 伊藤 正和
 (74) 代理人 100111235
 弁理士 原 裕子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼製品および該製品の製造方法

(57) 【要約】

鋼製品を製造する方法は、機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大すると共に降伏応力を維持または増大することを含む。この方法により作製された機械加工され熱処理された鋼製品。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 2】

機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大し、鋼の引張強さを維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 3】

熱処理された鋼の伸びとして測定される延性の、機械加工された鋼の延性と比較した増大が 5 % より大きい、請求項 1 または 2 に記載の方法。

10

【請求項 4】

熱処理された鋼の降伏応力の、機械加工された鋼の降伏応力と比較した増大が 5 % より大きい、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

(a) 原料鋼を機械加工するステップと、
(b) 機械加工された原料鋼を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大するステップと、
(c) 鋼製品を形成するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 6】

機械加工するステップ (a) が冷間圧延もしくは引き抜き、または原料鋼の横断断面積を低下させる他の任意の適切な機械加工ステップを含む、請求項 5 に記載の方法。

20

【請求項 7】

機械加工するステップ (a) が、冷間圧延もしくは引き抜き、または必ずしも横断断面積を変化させることなく、原料鋼の断面形状を変化させる他の任意の適切な機械加工ステップを含み、そのため形状変化を引き起こすために必要とされるエネルギーが入力されている、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

(a) 鋼製品を機械加工するステップと、
(b) 機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を増大し、鋼の降伏応力を維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

30

【請求項 9】

機械加工するステップ (a) が冷間圧延もしくは引き抜きまたは鋼製品の横断断面積を低下させる他の任意の適切な機械加工ステップを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

機械加工するステップ (a) が、冷間圧延もしくは引き抜き、または必ずしも横断断面積を変化させることなく、原料鋼の断面形状を変化させる他の任意の適切な機械加工ステップを含み、そのため形状変化を引き起こすために必要とされるエネルギーが入力されている、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 11】

(a) 原料鋼を機械加工するステップと、
(b) 鋼製品を形成するステップと、
(c) 鋼製品を熱処理し、鋼製品の延性を増大し、鋼製品の降伏応力を維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 12】

(a) 原料鋼を機械加工するステップと、
(b) 鋼製品を形成するステップと、
(c) 形成された鋼製品を熱処理し、鋼製品の延性を増大し、鋼製品の降伏応力および

50

引張強さを維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 13】

機械加工するステップ (a) が冷間圧延もしくは引き抜き、または原料鋼の横断断面積を低下させる他の任意の適切な機械加工ステップを含む、請求項 11 または 12 に記載の方法。

【請求項 14】

機械加工するステップ (a) が、冷間圧延もしくは引き抜き、または必ずしも横断断面積を変化させることなく、原料鋼の断面形状を変化させる他の任意の適切な機械加工ステップを含み、そのため形状変化を引き起こすために必要とされるエネルギーが入力されている、請求項 11 または 12 に記載の方法。

10

【請求項 15】

鋼が高強度低合金鋼である、請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

鋼が低炭素鋼である、請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

鋼が中炭素鋼である、請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 18】

鋼製品のための出発材料として原料鋼を選択し、原料鋼または原料鋼から作製された製品の機械加工ならびに熱処理時間および熱処理温度条件を選択することにより、製品に必要とされる機械的特性を提供し、機械加工および熱処理ステップを実施し、鋼の延性を維持または増大し、降伏応力を維持または増大し、必要とされる機械的性質を有する製品を製造することを含む、鋼製品を製造する方法。

20

【請求項 19】

請求項 1 から 18 のいずれか 1 項に記載の方法によって作製された、機械加工され熱処理された鋼製品。

【請求項 20】

鋼線、鋼棒、棒鋼、または帯鋼のいずれか 1 つを含む、請求項 19 に記載の鋼製品。

【請求項 21】

鋼線、鋼棒、棒鋼、および帯鋼のいずれか 1 つから作製された鋼製品を含む、請求項 20 に記載の鋼製品。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鋳業、建造業および一般製造業で使用される鋼製品に関する。

【0002】

本発明はまた、鋼製品を製造する方法にも関する。

【発明の概要】

【0003】

本発明は、機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、降伏応力を維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法を提供する。

40

【0004】

本発明はまた、機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、降伏応力を維持または増大し、引張強さを維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法も提供する。

【0005】

また、本発明は、機械加工され熱処理された鋼製品も含む。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図 1】図 1 は、300、400、500、600、および 700 で熱処理した HSL

50

A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 2】図 2 は、300、400、500、600、および 700 で熱処理した H S L A サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 3】図 3 は、300、400、500、600、および 700 で熱処理したサンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 4】図 4 は、10 mm の直径の鋼棒から冷間圧延され本発明に従って 300 で熱処理された 9.5 mm の直径の H S L A 鋼線サンプルの伸び (均一伸び - A g t として測定) 対熱処理時間 (0 ~ 5 時間) のグラフである。

【図 5】図 5 は、300 で熱処理された図 4 のサンプル (H S L A および低炭素鋼) の降伏応力 (耐力 - M P a として記載) 対熱処理時間 (0 ~ 5 時間) のグラフである。

【図 6】図 6 は、300 で熱処理された図 4 のサンプル (H S L A および低炭素鋼) の引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 5 時間) のグラフである。

【図 7】図 7 は、4 時間熱処理した H S L A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理温度 (0 ~ 500) のグラフである。

【図 8】図 8 は、4 時間熱処理された H S L A サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) 対熱処理温度 (0 ~ 500) のグラフである。

【図 9】図 9 は、4 時間熱処理された H S L A サンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理温度のグラフである。

【図 10】図 10 は、100 で熱処理した H S L A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 7 時間) のグラフである。

【図 11】図 11 は、100 で熱処理した H S L A サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 7 時間) のグラフである。

【図 12】図 12 は、100 で熱処理された H S L A サンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 7 時間) のグラフである。

【図 13】図 13 は、300 で熱処理された H S L A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 16 時間) のグラフである。

【図 14】図 14 は、300 で熱処理された H S L A サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 16 時間) のグラフである。

【図 15】図 15 は、300 で熱処理された H S L A サンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 16 時間) のグラフである。

【図 16】図 16 は、300 で熱処理された H S L A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 17】図 17 は、300 で熱処理された H S L A サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 18】図 18 は、300 で熱処理された H S L A サンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 19】図 19 は、500 で熱処理された H S L A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 20】図 20 は、500 で熱処理された H S L A サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 21】図 21 は、500 で熱処理された H S L A サンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフである。

【図 22】図 22 は、本発明に従って、8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延され、750 で 20 分までの時間熱処理され、その後水焼き入れされた 6.75 mm の直径の H S L A 鋼線サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 20 分) のグラフである。

【図 23】図 23 は、本発明に従って、8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延され、750 で熱処理された後水焼き入れされた、6.75 mm の直径の H S L A 鋼線サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) および引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 20 分) のグラフである。

【図 24】図 24 は、本発明に従って、8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延され、500

10

20

30

40

50

で熱処理された後水焼き入れされた6.75mmの直径のHSLA鋼線サンプルの伸び(Agt)対熱処理時間(0~20分)のグラフである。

【図25】図25は、本発明に従って、8mmの直径の鋼棒から冷間圧延され、500で熱処理された後水焼き入れされた6.75mmの直径のHSLA鋼線サンプルの降伏応力(耐力-MPa)および引張強さ(MPa)対熱処理時間(0~20分)のグラフである。

【図26】図26は、500で熱処理されたサンプルの伸び(Agt)対熱処理時間(0~30分)のグラフである。

【図27】図27は、500で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)対熱処理時間(0~30分)のグラフである。

【図28】図28は、500で熱処理されたサンプルの引張強さ(MPa)対熱処理時間(0~30分)のグラフである。

【図29】図29は、500で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)、引張強さ(MPa)、および伸び(Agt)対熱処理時間(0~15分)のグラフである。

【図30】図30は、500で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)、引張強さ(MPa)、および伸び(Agt)対熱処理時間(0~15分)のグラフである。

【図31】図31は、500で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)、引張強さ(MPa)、および伸び(Agt)対熱処理時間(0~15分)のグラフである。

【図32】図32は、500で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)、引張強さ(MPa)、および伸び(Agt)対熱処理時間(0~15分)のグラフである。

【図33】図33は、500で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)、引張強さ(MPa)、および伸び(Agt)対熱処理時間(0~15分)のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

鋼は低炭素鋼、中炭素鋼、および高強度低合金鋼(鉄鋼業ではマイクロアロイ鋼とも記載される)のいずれでもよい。

【0008】

本明細書中で用語「低炭素鋼」は、0.3wt.%未満のC、意図的な添加物として鋼に添加されるSiおよびMnのような他の元素、残留/付随する不純物ならびに残部のFeを有する鋼を意味すると理解される。

【0009】

本明細書中で用語「中炭素鋼」は、0.3~2.0wt.%のC、意図的な添加物として鋼に添加されるSiおよびMnのような他の元素、残留/付随する不純物、ならびに残部のFeを有する鋼を意味すると理解される。

【0010】

用語「残留/付随する不純物」は、Cu、Sn、Mo、Al、Zn、Ni、およびCrのような元素の特別な添加の結果としてではないが標準的な製鋼慣習の結果として非常に低濃度で存在し得る前記のような元素を包含する。例えば、これらの元素は、高強度低合金鋼、低炭素鋼および中炭素鋼を製造するために屑鉄を使用した結果として存在することがある。

【0011】

本明細書中で用語「高強度低合金鋼」は、(wt.%で)次の典型的な組成を有する鋼を意味すると理解される：

C：0.07~0.30；

Si：0.9以下；

Mn：2.0以下；

Mo：0.35以下；

Ti：0.1以下；

V：0.1以下；

Nb：0.1以下；

10

20

30

40

50

Cu : 0 . 1 以下 ;
N : 0 . 0 2 以下 ;
S : 0 . 0 5 以下 ;
Al : 0 . 0 5 以下 ;
残留 / 付随する不純物 : 1 . 0 以下 ; および
Fe : 残部。

【 0 0 1 2 】

高強度低合金鋼に関する用語「残留 / 付随する不純物」は、低炭素鋼および中炭素鋼に関連して上記したように理解される。前の段落に記載したCuおよびMoのような元素の濃度は総濃度、すなわち意図的な添加物および残留 / 付随する不純物の合計としてのこれらの元素の濃度である。

10

【 0 0 1 3 】

鋼製品はあらゆる適切な製品であり得る。

【 0 0 1 4 】

鋼製品は鋼線、鋼棒、棒鋼、または帯鋼であってもよい。

【 0 0 1 5 】

鋼製品は、鋼線、鋼棒、棒鋼、および帯鋼のいずれかから作製された鋼製品の形態であってもよい。

【 0 0 1 6 】

鋼製品としては、コンクリート施工用補強筋、間隔をあけて離れた平行な線材と間隔をあけて離れた平行な交差線材とを一緒に溶接することにより作製されるコンクリート建設業および鉱業用補強メッシュ、帯鋼から作製されたパイプ、鉄筋のような細長い製品を互いにつなぐための連結器、連続スパイラル、コンクリートの柱および梁のための補強管用結紮具、棒鋼から作製された締結具（ネジ、ボルト等を含む）、棒鋼から作製されたロックボルト、ならびにコンクリート施工、建造、鉱業または製造業において引張または圧縮または剪断または屈曲適用向けに使用されるその他の鋼製品をはじめとする（それだけに限らない）あらゆる製品を挙げることができる。

20

【 0 0 1 7 】

本発明は、機械加工（例えば冷間圧延のような冷間成形）された鋼を加熱（以後「熱処理」という）することによって鋼を処理し、かつ（a）延性（例えば、伸びとして測定され、本明細書中で伸びに関して記載され、強化鋼に関しては用語Ag t（均一伸び）により知られており、かつ多くの場合Ag t（ $\sim 0.5\%$ ）として表される）を維持または増大し、（b）降伏応力（YS）（強化鋼に関しては多くの場合耐力（PS）として表される）を維持または増大し、（c）鋼の引張強さ（TS）を維持または増大することが可能であるという驚くべき発見に基づいている。機械加工された鋼を熱処理するとその鋼の延性の増大および降伏応力の低下および引張強さの低下という結果になることを冶金学が教示しているので、これは、驚くべき発見である。

30

【 0 0 1 8 】

例として、本出願人は、鋼の横断断面積を5～30%、場合によっては75%まで低減するべく機械加工され、その後150～750の範囲の温度で1分間～16時間の間熱処理された鋼が維持しており、多くの場合機械加工された鋼と比べて少なくとも25%の延性の増大および機械加工された鋼と比べて少なくとも5%の降伏応力の増大を生じたことを見出した。

40

【 0 0 1 9 】

一般論として、本出願人は、機械加工された鋼を、より高い温度でより短い時間、またはより低い温度でより長い時間熱処理して、延性、降伏応力、および引張強さを維持または増大することができるということを見出した。

【 0 0 2 0 】

本発明は、原料鋼または鋼製品の横断断面積を変化させる機械加工に制限されることなく、冷間加工が原料鋼または鋼製品の形状を変化させる状況にも及ぶことに留意された

50

い。

【 0 0 2 1 】

一般的に、本発明の範囲を制限することなく、特定の鋼化学および工程経路および特性を次の表に要約する。

【 0 0 2 2 】

【 表 1 】

| 鋼化学 | 工程経路 | 冷間加工 | HT温度 および時間 | YS (PS) - MPa | 伸び(Agt)% |
|------|---------------|--|-----------------------------|------------------|----------|
| HSLA | 冷間加工 およびHT | 20%未満－ 35%まで、 またはそれより 大きくできる | 150～750℃ および5分間～ 16時間 | 600MPa超 | 1.5%超 |
| 低C | 冷間加工 およびHT | 20～25%－ 45%まで、 またはそれより 大きくできる | 150～750℃ および5分間～ 16時間 | 500MPa超 | 1.5%超 |
| 中C | 冷間加工 およびHT | 20～75% | 150～750℃および 5分間～16時間 | 750～1000 MPa | 1.5%超 |

10

20

N b - 上の表で「HT」とは「加熱処理」を意味する。

【 0 0 2 3 】

本発明は、低炭素鋼、中炭素鋼、および高強度低合金鋼の相当な数のサンプルの試験に焦点を合わせた広範な研究および開発プログラムに基づいている。これらのサンプルには、いろいろな条件下で機械加工し、いろいろな温度でいろいろな時間にわたって熱処理したサンプルが含まれていた。この研究および開発プログラムについては、本明細書の後述の欄でより詳細に論じる。

【 0 0 2 4 】

本発明は、機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法を提供する。

【 0 0 2 5 】

本発明はまた、機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大し、鋼の引張強さを維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法も提供する。

【 0 0 2 6 】

また、本発明は、機械加工され熱処理された鋼製品も含む。鋼製品は上記鋼製品、すなわち鋼線、鋼棒、棒鋼、または帯鋼、ならびに鋼線、鋼棒、棒鋼、および帯鋼のいずれか1つから作製されたあらゆる鋼製品のいずれか1つでよく、上述した特定の製品を含む。

40

【 0 0 2 7 】

本発明は、高強度低合金鋼、低炭素鋼、および中炭素鋼のような同じ出発材料を使用し、機械加工ならびに熱処理時間および熱処理温度の適当な選択によりある範囲の必要とされる機械的性質を生成する機会を提供する。

【 0 0 2 8 】

この点について、本発明はまた、鋼製品の出発材料としての原料鋼を選択し、製品に必要とされる機械的性質を提供するための、原料鋼または原料鋼から作製された製品の機械加工ならびに熱処理時間および熱処理温度条件を選択し、機械加工および熱処理ステップを実施し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大し、必要とされる機械的性質を有する製品を生成することを含む、鋼製品を製造する方法も提供する。

50

【 0 0 2 9 】

本発明は、小量または大量の容易に入手可能な鋼材を、

(a) 高強度 (例えば、 $> 750 \text{ MPa}$ の降伏応力) および高延性 (例えば、均一伸び $> 1.5 \% \text{ A g t}$) の棒鋼、鋼棒、鋼線またはメッシュ ; ならびに

(b) 中強度 (例えば、 $> 500 \text{ MPa}$ の降伏応力) および高延性 (例えば、均一伸び $> 1.5 \% \text{ A g t}$) の棒鋼、鋼棒、鋼線またはメッシュ

を製造するのに使用する機会を提供する。

【 0 0 3 0 】

例として、本発明による 750 MPa 降伏応力タイプ (a) 鋼は、引張用途における従来の 500 MPa 降伏応力強化鋼と同じ性能に対して 33 % の潜在的な材料節減を示す。従って、強化鋼の直径は同じ性能の場合例えば 12 mm から約 9.8 mm に低減することができることになる。あるいは、直径 12 mm で 750 MPa の降伏応力を有する棒鋼を使用すると、50 % の性能増大が可能になり、従って例えば同じ量の鋼でより良好に作動するコンクリート柱または梁が可能になる。同じ性質を有する材料から製造され鉚接用途に使用されるメッシュは、同じ性能に対して少なくとも 30 % の潜在的な材料節減を示し、その結果として職業安全衛生上の利益、すなわちより軽い製品を取り扱うという利益がある。臨界的ということではないが、延性も増大することができるということは潜在的な利益である。

【 0 0 3 1 】

さらなる例として、コンクリート施工産業において、 $> 5 \% \text{ A g t}$ を有する 500 MPa のメッシュを製造することができると、モーメント再分配、例えば多くの吊り床を必要とする用途で必要とされる鋼の量をおよそ 20 % 低減することが可能である。現在豪州で鋼固定は \$ / メートルトンのレートで請求され、従って固定されるべき鋼の量の低減は補強の据え付け費用を著しく低減する機会を提供する。この同じ低減は高強度棒鋼または鋼線補強に当てはまる。

【 0 0 3 2 】

さらなる例として、このようにして製造された高い引張強さ (650 MPa 以上の降伏応力)、延性のメッシュを使用することは、例えば地上またはティルトアップコンクリート製品でコンクリートスラブを補強するのに必要とされる鋼の質量を約 20 ~ 25 % 低減することが潜在的に可能である。

【 0 0 3 3 】

これらの上記高引張強さまたは中引張強さ製品は、各々、製品の統合エネルギー (温室効果ガス) を著しく低減する機会および柱や梁のコンクリートの使用量を低減する可能性および関連する輸送その他材料取扱費用の低減を提供するという追加の利点を有する。

【 0 0 3 4 】

伸びは延性の尺度である。伸びは本明細書中で均一伸び - A g t として表される。本明細書中で用語「均一伸び」とは、鋼が最大の引張強さに到達する前に弾性的および塑性的に変形する能力の尺度であると理解される。本明細書に記載されている伸びに対する数量は、鋼の最大の引張強さに到達し、そしてその最大の引張強さの 99.5 % に低下した後測定されるパーセントで表した鋼の伸びであり、 $\text{A g t} (- 0.5 \%)$ として表されている。この方法は測定値の信頼性のために使用されている。破断伸びも鋼製品、特にシート

【 0 0 3 5 】

熱処理された鋼の機械加工された鋼と比較した伸びの増大は 5 % 超であり得る。

【 0 0 3 6 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 10 % 超であり得る。

【 0 0 3 7 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 15 % 超であり得る。

【 0 0 3 8 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 20 % 超であり得る。

【 0 0 3 9 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 3 0 % 超であり得る。

【 0 0 4 0 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 5 0 % 超であり得る。

【 0 0 4 1 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 1 0 0 % 超であり得る。

【 0 0 4 2 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 1 5 0 % 超であり得る。

【 0 0 4 3 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 2 0 0 % 超であり得る。

10

【 0 0 4 4 】

熱処理された鋼の機械加工された鋼と比較した降伏応力の増大は 5 % 超であり得る。

【 0 0 4 5 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 1 0 % 超であり得る。

【 0 0 4 6 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 1 5 % 超であり得る。

【 0 0 4 7 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 2 0 % 超であり得る。

【 0 0 4 8 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 3 0 % 超であり得る。

20

【 0 0 4 9 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 4 0 % 超であり得る。

【 0 0 5 0 】

熱処理ステップは任意の適切な温度で行うことができる。ある所定の状況において熱処理温度の選択に影響を及ぼす可能性がある要因が幾つかある。1つの要因は熱処理時間である。本出願人は、各々の熱処理温度がある時間窓を有しており、その中では降伏応力および延性が所望の最小値を超えるレベルに増大することも見出した。この窓は、熱処理温度が上昇すると狭くなる。別の要因は鋼の組成である。もう1つ別の要因は延性や降伏応力のような標的の性質である。

【 0 0 5 1 】

30

熱処理ステップは鋼のオーステナイト化温度より低い温度で行うことができる。ある所定の状況で、熱処理中の鋼の実際の温度は時間 - 温度依存性の関係があり、鋼の組成の関数であることに留意されたい。従って、炉の温度は鋼のオーステナイト化温度より高いことがある。

【 0 0 5 2 】

熱処理ステップは 1 0 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 0 5 3 】

熱処理ステップは 8 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 0 5 4 】

熱処理ステップは 7 5 0 より低い温度で実施し得る。

40

【 0 0 5 5 】

熱処理ステップは 7 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 0 5 6 】

熱処理ステップは 6 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 0 5 7 】

熱処理ステップは 5 5 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 0 5 8 】

熱処理ステップは 5 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 0 5 9 】

熱処理ステップは 4 5 0 より低い温度で実施し得る。

50

- 【 0 0 6 0 】
熱処理ステップは 4 0 0 より低い温度で実施し得る。
- 【 0 0 6 1 】
熱処理ステップは 3 0 0 より低い温度で実施し得る。
- 【 0 0 6 2 】
熱処理ステップは 2 5 0 より低い温度で実施し得る。
- 【 0 0 6 3 】
熱処理ステップは 2 0 0 より高い温度で実施し得る。
- 【 0 0 6 4 】
熱処理ステップは 1 5 0 より高い温度で実施し得る。 10
- 【 0 0 6 5 】
熱処理ステップは、降伏応力および引張強さおよび延性に関して、出発点と比較して、降伏応力を維持または増大し、かつ延性を維持または増大するように熱処理時間が十分に短く選択されるのであれば、鋼のオーステナイト化温度より高い温度で行ってもよい。
- 【 0 0 6 6 】
熱処理ステップは任意の適切な時間行うことができる。熱処理時間の選択に影響を及ぼす可能性がある幾つかの要因がある。熱処理温度に関連して上で述べたように、これらの要因には、熱処理温度および鋼の組成および標的の特性および生産性がある。
- 【 0 0 6 7 】
熱処理ステップは 1 6 時間より短い時間実施し得る。 20
- 【 0 0 6 8 】
熱処理ステップは 1 0 時間より短い時間実施し得る。
- 【 0 0 6 9 】
熱処理ステップは 6 時間より短い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 0 】
熱処理ステップは 5 時間より短い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 1 】
熱処理ステップは 4 時間より短い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 2 】
熱処理ステップは 1 時間より長い時間実施し得る。 30
- 【 0 0 7 3 】
熱処理ステップは 4 5 分間より長い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 4 】
熱処理ステップは 3 0 分間より長い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 5 】
熱処理ステップは 1 0 分間より長い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 6 】
熱処理ステップは 5 分間より長い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 7 】
熱処理ステップは 1 分間より長い時間実施し得る。 40
- 【 0 0 7 8 】
熱処理ステップは 3 0 秒間より長い時間実施し得る。
- 【 0 0 7 9 】
熱処理ステップは任意の適切な雰囲気中で行うことができる。雰囲気は酸化性雰囲気でも還元性雰囲気でもよい。特定の例を挙げると、熱処理ステップは空気中で行うことができる。
- 【 0 0 8 0 】
熱処理ステップは保護性の雰囲気なしで行うことができる。これは本発明の重要な利点である。
- 【 0 0 8 1 】 50

熱処理ステップは任意の適切な手段を用いて行うことができる。具体的には、任意の適切な加熱エネルギー源を用いて熱処理を行うことができる。

【0082】

機械加工された鋼製品は任意の適切な形態の製品でよい。機械加工された鋼製品は鋼線、鋼棒、棒鋼、または帯鋼のいずれかの形態であることができる。

【0083】

鋼製品は鋼線、鋼棒、棒鋼、または帯鋼のいずれかの形態であることができる。

【0084】

鋼棒および棒鋼製品は長さ対直径のアスペクト比が小さいものから大きいものまでの範囲の製品でよい。言い換えると、鋼棒および棒鋼製品は、製品の長さに近い直径を有する製品から、製品の長さよりかなり小さい直径または横断断面積を有する製品までの範囲にわたることができる。

10

【0085】

鋼製品は鋼線、鋼棒、棒鋼、および帯鋼のいずれかから作製された鋼製品の形態であり得る。鋼製品の非排他的範囲は上に示した通りである。本出願人に関心がある1つの特定の鋼製品は、間隔をあけて離れた平行な線材と間隔をあけて離れた平行な交差線材とを一緒に溶接することにより作製されたコンクリート建設業および鉱業用補強メッシュである。本出願人に関心がある別の特定の鋼製品は、あらゆる種類の鉄筋であり、例えば結紮具もしくは連続スパイラル、またはその他の一般に入手可能な形状（このような形状がたくさんあることに注意されたい）に成形されたストレートスパンのものである。本発明および本発明により達成される特性は鋼製品の形状によって限定されない。

20

【0086】

機械加工された鋼製品は、製品の断面形状を変化させることになる冷間圧延もしくは引き抜き、または必ずしも製品の横断断面積を変化させることなく形状変化を引き起こす、任意のその他の適切な機械加工を施し、そのため必要とされるエネルギーが入力されている製品であり得る。例えば、形状変化は、円形から、その円形形状と同じ断面積の卵形の横断断面への変化であってもよい。

【0087】

機械加工された鋼製品は、機械加工された後に低減した横断断面積を有する、冷間圧延もしくは引き抜きまたは任意のその他の適切な機械加工を施された製品であり得る。

30

【0088】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも2%小さくてよい。

【0089】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも5%小さくてよい。

【0090】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも10%小さくてよい。

【0091】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも15%小さくてよい。

40

【0092】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも20%小さくてよい。

【0093】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも40%小さくてよい。

【0094】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積

50

より少なくとも 50 % 小さくてよい。

【0095】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 60 % 小さくてよい。

【0096】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 70 % 小さくてよい。

【0097】

本方法は、熱処理された製品を熱処理温度から任意の適切な冷却速度で冷却することを含んでいてもよい。例えば、熱処理された製品を水冷することによりクエンチすることができる。さらなる例として、熱処理された製品は周囲の空气中で冷却することができる。本出願人は、一般に、冷却速度は特性、すなわち延性、降伏応力、および引張強さに対して大きな影響を示さないことを見出した。しかしながら、本出願人は、少なくとも 750 の熱処理温度から特定の時間後クエンチする場合のように、状況によっては熱処理された製品をクエンチすると特性にかなりの影響が出ることを見出した。1つの例において、750 で約 8 分後、引張強さが突然増大し、降伏応力および A_{gt} が低下した。この反応は、オーステナイト化温度より高い温度で熱処理された鋼に典型的である。この例において、その後のクエンチが特性に対して影響を示さない 8 分以下の熱処理窓があった。

10

【0098】

鋼は上記したような低炭素鋼であることができる。

20

【0099】

鋼は上記したような中炭素鋼であることができる。

【0100】

鋼は上に定義したような高強度低合金鋼であることができる。

【0101】

高強度低合金鋼は 0.040 wt. % 超の V を含有し得る。

【0102】

高強度低合金鋼は 0.050 wt. % 超の V を含有し得る。

【0103】

高強度低合金鋼は 0.060 wt. % 超の V を含有し得る。

30

【0104】

高強度低合金鋼は 0.005 wt. % 超の N を含有し得る。

【0105】

高強度低合金鋼は 0.015 wt. % 超の N を含有し得る。

【0106】

高強度低合金鋼は 0.018 wt. % 超の N を含有し得る。

【0107】

高強度低合金鋼は Nb のような他の合金元素を含有していてもよい。

40

【0108】

本発明は、

(a) 原料鋼を機械加工するステップと、

(b) 機械加工された原料鋼を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大するステップと、

(c) 鋼製品を成形するステップ

とを含む、鋼製品を製造する方法を提供する。

【0109】

本方法はステップ (a) および (b) および (c) を複数回含んでもよい。

【0110】

本発明は、

50

(a) 鋼製品を機械加工するステップと、
(b) 機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法を提供する。

【 0 1 1 1 】

本方法はステップ (a) および (b) を複数回含んでもよい。

【 0 1 1 2 】

本発明は、

(a) 原料鋼を機械加工するステップと、
(b) 鋼製品を成形するステップと、
(c) 鋼製品を熱処理し、鋼製品の延性を増大または維持し、鋼製品の降伏応力を維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法を提供する。

10

【 0 1 1 3 】

本方法はステップ (a) および (b) および (c) を複数回含んでもよい。

【 0 1 1 4 】

本発明は、

(a) 原料鋼を機械加工するステップと、
(b) 鋼製品を成形するステップと、
(c) 成形された鋼製品を熱処理し、鋼製品の延性を維持または増大し、鋼製品の降伏応力および引張強さを維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法を提供する。

20

【 0 1 1 5 】

本方法はステップ (a) および (b) および (c) を複数回含んでもよい。

【 0 1 1 6 】

熱処理された鋼の機械加工された原料鋼と比較した伸びの増大は 5 % 超であり得る。

【 0 1 1 7 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 1 0 % 超であり得る。

【 0 1 1 8 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 2 0 % 超であり得る。

30

【 0 1 1 9 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 3 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 0 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 5 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 1 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 1 0 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 2 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 1 5 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 3 】

熱処理された鋼の伸びの増大は 2 0 0 % 超であり得る。

40

【 0 1 2 4 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 1 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 5 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 2 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 6 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 3 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 7 】

熱処理された鋼の降伏応力の増大は 4 0 % 超であり得る。

【 0 1 2 8 】

本方法はまた鋼製品を別の鋼製品に成形することを含んでもよい。

50

【 0 1 2 9 】

原料鋼は低炭素鋼、中炭素鋼、および高強度低合金鋼のいずれか 1 つでよい。

【 0 1 3 0 】

原料鋼は任意の適切な形態でよい。原料鋼は鋼線、鋼棒、棒鋼、または帯鋼のいずれか 1 つの形態でよい。

【 0 1 3 1 】

機械加工ステップは鋼線、鋼棒および棒鋼の横断断面積、すなわち直径を低減することを含んでいてもよいことに留意されたい。

【 0 1 3 2 】

また、機械加工ステップは帯鋼の横断断面積、すなわち厚さを低減することを含んでいてもよいことに留意されたい。

10

【 0 1 3 3 】

また、機械加工ステップの結果、必ずしも横断断面積を変化させることなく、製品の断面形状が変化し得、そのため形状変化を引き起こすために必要とされるエネルギーが入力されていることにも留意されたい。

【 0 1 3 4 】

鋼製品は任意の適切な形態の製品であることができる。

【 0 1 3 5 】

鋼製品は鋼線、鋼棒、棒鋼、および帯鋼のいずれか 1 つから作製された鋼製品の形態であることができる。

20

【 0 1 3 6 】

機械加工ステップ (a) は、原料鋼の横断断面積を低減する、冷間圧延もしくは引き抜きまたはその他任意の適切な機械加工ステップを含み得る。

【 0 1 3 7 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 2 % 小さくてよい。

【 0 1 3 8 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 5 % 小さくてよい。

【 0 1 3 9 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 1 0 % 小さくてよい。

30

【 0 1 4 0 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 1 5 % 小さくてよい。

【 0 1 4 1 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 2 0 % 小さくてよい。

【 0 1 4 2 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 4 0 % 小さくてよい。

40

【 0 1 4 3 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 5 0 % 小さくてよい。

【 0 1 4 4 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 6 0 % 小さくてよい。

【 0 1 4 5 】

機械加工された鋼製品の低減した横断断面積は、機械加工する前の鋼製品の横断断面積より少なくとも 7 0 % 小さくてよい。

50

【 0 1 4 6 】

熱処理ステップは鋼のオーステナイト化温度より低い温度で行うことができる。

【 0 1 4 7 】

熱処理ステップは 1 0 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 4 8 】

熱処理ステップは 8 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 4 9 】

熱処理ステップは 7 5 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 5 0 】

熱処理ステップは 7 0 0 より低い温度で実施し得る。

10

【 0 1 5 1 】

熱処理ステップは 6 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 5 2 】

熱処理ステップは 5 5 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 5 3 】

熱処理ステップは 5 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 5 4 】

熱処理ステップは 4 5 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 5 5 】

熱処理ステップは 4 0 0 より低い温度で実施し得る。

20

【 0 1 5 6 】

熱処理ステップは 3 0 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 5 7 】

熱処理ステップは 2 5 0 より低い温度で実施し得る。

【 0 1 5 8 】

熱処理ステップは 2 0 0 より高い温度で実施し得る。

【 0 1 5 9 】

熱処理ステップは 1 5 0 より高い温度で実施し得る。

【 0 1 6 0 】

熱処理ステップは 1 6 時間より短い時間実施し得る。

30

【 0 1 6 1 】

熱処理ステップは 1 0 時間より短い時間実施し得る。

【 0 1 6 2 】

熱処理ステップは 6 時間より短い時間実施し得る。

【 0 1 6 3 】

熱処理ステップは 5 時間より短い時間実施し得る。

【 0 1 6 4 】

熱処理ステップは 4 時間より短い時間実施し得る。

【 0 1 6 5 】

熱処理ステップは 1 時間より長い時間実施し得る。

40

【 0 1 6 6 】

熱処理ステップは 4 5 分間より長い時間実施し得る。

【 0 1 6 7 】

熱処理ステップは 3 0 分間より長い時間実施し得る。

【 0 1 6 8 】

熱処理ステップは 1 0 分間より長い時間実施し得る。

【 0 1 6 9 】

熱処理ステップは 5 分間より長い時間実施し得る。

【 0 1 7 0 】

熱処理ステップは 1 分間より長い時間実施し得る。

50

【0171】

熱処理ステップは30秒間より長い時間実施し得る。

【0172】

熱処理ステップ(b)は任意の適切な雰囲気中で行うことができる。

【0173】

本発明はまた上述の方法で作製された鋼製品も提供する。

【0174】

鋼製品は少なくとも500MPaの降伏応力および少なくとも1.5%Ag tの均一伸びを有することができる。

【0175】

本発明はまた、上記した鋼組成、伸び、および降伏応力を有する機械加工され熱処理された高強度低合金鋼製品も提供する。

【0176】

鋼製品は記載されている引張強さを有することができる。

【0177】

本発明はまた、上記した鋼組成、伸び、および降伏応力を有する機械加工され熱処理された低炭素鋼製品も提供する。

【0178】

鋼製品は記載されている引張強さを有することができる。

【0179】

本発明はまた、上記した鋼組成、伸び、および降伏応力を有する機械加工され熱処理された中炭素鋼製品も提供する。

【0180】

鋼製品は記載されている引張強さを有することができる。

【0181】

鋼製品は上記したような鋼線、鋼棒、棒鋼、および帯鋼のいずれか1つから作製された鋼製品の形態であることができる。

【0182】

特定の例として、鋼製品は、鋼線の交点で互いに溶接された平行な線材と平行な交差線材を含むメッシュ製品であって、鋼線は鋼の鋼線であり、鋼線は直径が少なくとも3mmであり、また鋼線は互いに溶接されてメッシュを形成する前に、鋼線が少なくとも650MPaの降伏応力および少なくとも1.5%Ag tの均一伸びを有するように機械加工され熱処理されている、メッシュ製品である。

【0183】

さらなる特定の例として、鋼製品は、鋼線の交点で互いに溶接された平行な線材と平行な交差線材を含むメッシュ製品であって、鋼線は直径が少なくとも3mmであり、鋼線は鋼の鋼線であり、鋼線は互いに溶接されてメッシュを形成する前に機械加工されており、メッシュは鋼線が少なくとも650MPaの降伏応力および少なくとも1.5%Ag tの均一伸びを有するように熱処理されている、メッシュ製品である。

【0184】

特定の例として、鋼製品は直径が少なくとも3mmである鋼線から形成された結紮具であり、ここで鋼線は、結紮具に形成される前に、鋼線が少なくとも650MPaの降伏応力および少なくとも1.5%Ag tの均一伸びを有するように機械加工され熱処理されている。

【0185】

特定の例として、鋼製品は直径が少なくとも3mmである鋼線から形成された結紮具であり、ここで鋼線は結紮具に形成される前に機械加工されており、結紮具は鋼線が少なくとも650MPaの降伏応力および少なくとも1.5%Ag tの均一伸びを有するように加熱処理されている。

【0186】

10

20

30

40

50

本発明に従って処理された低炭素鋼、中炭素鋼および高強度低合金サンプルに対する降伏応力（耐力 - M P a ）、引張強さ（ M P a ）、伸び（均一伸びとして測定 - A g t ）、および熱処理時間のいろいろな組合せのグラフである添付の図 1 ～ 3 3 と関連して本発明をさらに説明する。

【 0 1 8 7 】

本発明は、低炭素鋼、中炭素鋼、および高強度低合金鋼の相当な数のサンプルの試験に焦点を合わせた広範な研究および開発プログラムに基づいている。サンプルには、いろいろな条件下で機械加工され、いろいろな温度でいろいろな時間熱処理されたサンプルが含まれていた。この研究および開発プログラムの重大な知見は、鋼サンプルの機械加工が、サンプルのその後の熱処理において伸びを維持するかまたは改良を得る上で、またサンプルのその後の熱処理において降伏応力および引張強さの改良を得るかまたは維持する上で、極めて重要であることであった。

10

【 0 1 8 8 】

この研究および開発プログラムは、鉱業および建設業用の補強用メッシュおよびその他の補強用製品の製造に使用するのに適した鋼線に対して実施した。この鋼線は、低炭素鋼、中炭素鋼、および高強度低合金鋼から作製された。鋼線は、より大きい直径の鋼棒または鋼線をより小さい直径に圧延することにより作製された。

【 0 1 8 9 】

以下は、低炭素鋼、中炭素鋼、および高強度低合金鋼に関連した研究および開発プログラムをまとめたものである。

20

【 0 1 9 0 】

・ 鋼組成 - 高強度低合金鋼、低炭素鋼、および中炭素鋼。鋼組成の例を以下に示す

【 0 1 9 1 】

高強度低合金

【 表 2 】

| C | Mn | Si | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | V | Al | Nb | Ti | CE |
|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| .17 | 1.10 | .2 | .013 | .040 | .28 | .07 | .11 | .01 | .102 | .002 | .001 | .001 | .42 |
| .18 | 1.06 | .25 | .014 | .046 | .28 | .07 | .10 | .01 | .093 | .002 | .001 | .001 | .42 |

30

【 0 1 9 2 】

低炭素

【 表 3 】

| C | P | Mn | Si | S | Ni | Cr | Mo | Cu | Al-T | B |
|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| .06 | .006 | .50 | .15 | .009 | .006 | .012 | .001 | .014 | .002 | .0003 |
| .18 | .010 | .71 | .20 | .012 | .005 | | .001 | .008 | .001 | .0003 |

【 0 1 9 3 】

中炭素

【 表 4 】

| C | P | Mn | Si | S | Ni | Cr | Mo | Cu | Al-T | B |
|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| .31 | .018 | .70 | .24 | .012 | .002 | .010 | .001 | .004 | .001 | .0003 |

【 0 1 9 4 】

・ 最初の鋼棒製品 - 従来の A S 1 4 4 2 または同様な圧延手順でロッドミルにおいてある範囲のいろいろな直径の鋼棒サンプルを製造 - 次に、鋼棒サンプルをより小さい直径の鋼線に冷間圧延してテストサンプルを形成した。サンプルは、（ a ） 1 0 m m の直径の鋼棒を 9 . 5 m m の鋼線に圧延した、（ b ） 8 m m の直径の鋼棒を 7 . 7 m m 、 7 . 6 m

50

m、7.5 mm、および6.75 mmの鋼線に圧延した、(c) 10.5 mmの鋼棒を9.5 mmに圧延した、(d) 8.5 mmの鋼棒を6.75 mmに圧延した、(e) 12 mmの直径の鋼棒を10.7 mmの鋼線に圧延した、(f) 8.5 mmの直径の鋼棒を7.6 mmの鋼線に圧延した、(g) 5.5 mmの直径の鋼棒を4.75 mmの鋼線に圧延し、その後まっすぐにした、(h) 5.5 mmの直径の鋼棒を4.75 mmの鋼線に圧延し、その後項目(h)のサンプルに用いた矯正ロールより小さい直径の矯正ロールを用いてまっすぐにした、(i) 5.5 mmの直径の鋼棒を3.06 mmの鋼線に圧延した。

【0195】

・熱処理炉 - ファン強制空気炉および抵抗加熱炉。

【0196】

・熱処理温度 - 図参照。

【0197】

・熱処理時間 - 図参照。

【0198】

・図1~21および26~33に報告した試験データを有するサンプルは空気冷却し、図22~25に報告した試験データを有するサンプルは水焼き入れした。

【0199】

・サンプルの大きさ - 長さ約300 mm。

【0200】

・試験手順 - 引張試験はInstron機で、伸びは伸び計で測定した。図の結果は、耐力(PS)のグラフを含み、降伏応力は耐力として報告され、伸びは均一伸び(Agt(-0.5%))および引張強さ(TS)として報告される。

【0201】

この研究の結果は、以下に記載される明細書の図1~33に部分的に要約される。図1~25は高強度低合金鋼(「HSLA」)サンプルに焦点を合わせており、図26~32は低炭素鋼サンプルに焦点を合わせ、図33は中炭素鋼サンプルに焦点を合わせていることに留意されたい。

【0202】

図1は、300、400、500、600、および700 で熱処理したHSLAサンプルの伸び(Agt)対熱処理時間(0~30分)のグラフであり、サンプルは本発明に従って10 mmの直径の鋼棒から冷間圧延した9.5 mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。図1から明らかなように、サンプルの延性は各熱処理温度で熱処理時間と共に増大し、延性の増大速度は熱処理温度と共に増大した。

【0203】

図2は、300、400、500、600、および700 で熱処理したHSLAサンプルの降伏応力(耐力-MPa)対熱処理時間(0~30分)のグラフであり、サンプルは本発明に従って10 mmの直径の鋼棒から冷間圧延した9.5 mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。図2から明らかなように、各々の熱処理温度において短い熱処理時間で冷間引き抜きされたサンプルは降伏応力が増大した。より高い温度(例えば500、600、および700)で熱処理したサンプルの降伏応力は熱処理時間が増大すると低下した。しかし、より低い温度(300および400)で熱処理したサンプルでは熱処理時間と共に降伏応力が低下することはなかった。降伏応力の増大は、この範囲の熱処理温度で比較的短い熱処理時間で達成された。これは、処理時間および費用の点で潜在的に有意である。

【0204】

図3は、300、400、500、600、および700 で熱処理したサンプルの引張強さ(MPa)対熱処理時間(0~30分)のグラフであり、サンプルは本発明に従って10 mmの直径の鋼棒から冷間圧延することにより機械加工した9.5 mmの直径のHSLA鋼線サンプルからなっていた。冷間圧延は横断断面積の9.75%低下となる。図3から明らかなように、各々の熱処理温度において短い(4分未満)熱処理時間で冷間圧

10

20

30

40

50

延されたサンプルの引張強さが増大した。より高い温度（例えば500、600、および700）で熱処理されたサンプルの引張強さは熱処理時間が増大するにつれて低下した。しかし、より低い温度（300および400）で熱処理されたサンプルでは熱処理時間と共に引張強さが低下することはなかった。さらに、引張強さの増大はこの範囲の熱処理温度で比較的短い熱処理時間で達成された。これは、処理時間および費用の点で潜在的に有意である。

【0205】

図4は、10mmの直径の鋼棒から冷間圧延され本発明に従って300で熱処理された9.5mmの直径のHSLA鋼線サンプルの伸び（均一伸び - A g tとして測定）対熱処理時間（0～5時間）のグラフを含む。冷間圧延量は横断断面積の9.75%低下となる。このグラフは図で「N10PLUS」曲線として記載されている。図4はまた、8.5mmの直径の鋼棒から冷間圧延され同様に熱処理された6.75mmの直径の低炭素鋼線サンプルの比較データも含む。冷間圧延は横断断面積の37%低下となる。このグラフは図4で「6.75EX8.5」曲線として記載されている。図4は、これらの鋼サンプルの熱処理の結果として期待され得る延性の増大を示している。

10

【0206】

図5は、300で熱処理された図4のサンプル（HSLAおよび低炭素鋼）の降伏応力（耐力 - M P aとして記載）対熱処理時間（0～5時間）のグラフを含む。

【0207】

図6は、300で熱処理された図4のサンプル（HSLAおよび低炭素鋼）の引張強さ（M P a）対熱処理時間（0～5時間）のグラフを含む。

20

【0208】

図4～6から明らかなように、N10PLUS HSLAサンプルの延性、降伏応力、および引張強さは各々増大したが、6.75EX8.5低炭素鋼サンプルでは延性の増大ならびに降伏応力および引張強さの低下という従来の反応が見られた。N10PLUSサンプルに関連して興味ある点は、これらの結果が300の低い熱処理温度で達成されたということである。

【0209】

図4、5および6は点線部分を含んでいる。これらの図に報告されている実験研究は非常に早期の仕事であり、本出願人は1.15、2および4時間の熱処理時間を選択した。これは、従来の知識によると、低炭素鋼における通常の反応、すなわち延性の増大ならびに降伏応力および引張強さの低下 - 通常の回復熱処理反応を生じるには少なくとも1.2時間が必要とされていたからである。本出願人はN10PLUSサンプルを処理し、強度の増大を認めた。次に本出願人はこの材料に対してより短い熱処理時間を検討した。また、本出願人は、6.75mm材料（そしてその後他の全て）についてもより短い熱処理時間を検討することにもなり、その結果本出願人はより短い時間における低炭素鋼の増大を見出した。図26、27および28は延性、降伏応力および引張強さの増大を立証する。これは6.75mmに圧延された異なる材料であり、従って異なる出発強度であった。低炭素鋼を500で短い時間処理した図29～32は、短い熱処理時間で延性、降伏応力、および引張強さにおける同じ増大を示した。

30

40

【0210】

図7は、4時間熱処理したHSLAサンプルの伸び（A g t）対熱処理温度（0～500）のグラフであり、サンプルは本発明に従って8mmの直径の鋼棒から冷間圧延された7.5mm、7.6mm、および7.7mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延したが、最大は横断断面積のおよそ12%低下であった。図7から明らかなように、冷間引き抜きされたサンプルにおいて200より高い熱処理温度で延性が増大し、熱処理温度が増大するにつれて延性が増大した。

【0211】

図8は、4時間熱処理されたHSLAサンプルの降伏応力（耐力 - M P a）対熱処理温度（0～500）のグラフであり、サンプルは本発明に従って8mmの直径の鋼棒から

50

冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延したが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 8 から明らかなように、各々の冷間引き抜きされたサンプルの降伏応力は最初増大し、その後熱処理温度が増大するにつれて低下した。降伏応力は、より高い冷間圧延率を有するサンプルの方がより高かった。図 8 のグラフの形状は、サンプルの降伏応力がかなり増大した熱処理温度の窓、すなわち 150 ~ 400 の範囲にある窓があることを示している。サンプルの降伏応力は、全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。

【0212】

図 9 は、4 時間熱処理された H S L A サンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理温度のグラフであり、サンプルは本発明に従って 8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延したが、最大は横断断面積のおよそ 12 % の低下であった。図 9 から明らかなように、各々の冷間圧延されたサンプルの引張強さは最初に増大した後、熱処理温度が増大するにつれて低下した。引張強さは、より高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。図 9 のグラフの形状は、サンプルの引張強さにかなりの増大があった熱処理温度の窓、すなわち 150 ~ 350 の範囲にある窓があったことを示している。

10

【0213】

図 10 は、100 で熱処理した H S L A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 7 時間) のグラフであり、サンプルは 8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延したが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 10 から明らかなように、熱処理時間の範囲にわたって、冷間引き抜きされたサンプルの延性に全体として僅かな低下があった。この低下は歪み時効メカニズムと一致している。基本的に、この延性の変化は従来通りであり、100 の熱処理温度が低過ぎたことを教示している。延性はより低い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

20

【0214】

図 11 は、100 で熱処理した H S L A サンプルの降伏応力 (耐力 - M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 7 時間) のグラフであり、サンプルは本発明に従って 8 mm の直径の鋼棒から冷間引き抜きされた 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間引き抜きしたが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 11 から明らかなように、熱処理時間の範囲にわたって冷間引き抜きされたサンプルの降伏応力に (実質的ではないが) 増大があった。降伏応力はより高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

30

【0215】

図 12 は、100 で熱処理された H S L A サンプルの引張強さ (M P a) 対熱処理時間 (0 ~ 7 時間) のグラフであり、サンプルは本発明に従って 8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延したが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 12 から明らかなように、熱処理時間の範囲にわたって冷間圧延されたサンプルの引張強さに僅かな変化があった。引張強さは、より高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

40

【0216】

図 13 は、300 で熱処理された H S L A サンプルの伸び (A g t) 対熱処理時間 (0 ~ 16 時間) のグラフであり、サンプルは本発明に従って 8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延したが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 13 から明らかなように、最初延性が急に低下した (これは通常の時効と一致している) 後、各々のサンプルに対して 300 において比較的短い熱処理時間 (30 分まで) で延性の有意な初期増大があり、また延性はその温度におけるおよそ 3 時間

50

の熱処理後横ばい状態になる傾向があった。延性はより低い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

【0217】

図14は、300 で熱処理されたHSLAサンプルの降伏応力（耐力 - MPa）対熱処理時間（0～16時間）のグラフであり、サンプルは本発明に従って8mmの直径の鋼棒から冷間圧延された7.5mm、7.6mm、および7.7mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延したが、最大はおよそ12%の横断面積の低下であった。図14から明らかなように、各々のサンプルについて300における比較的短い熱処理時間（0～45分）で降伏応力の有意な初期増大があり、降伏応力はその温度におけるおよそ45分の熱処理後横ばい状態になる傾向があった。降伏応力はより高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。サンプルの降伏応力は全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。

10

【0218】

図15は、300 で熱処理されたHSLAサンプルの引張強さ（MPa）対熱処理時間（0～16時間）のグラフであり、サンプルは本発明に従って8mmの直径の鋼棒から冷間圧延された7.5mm、7.6mm、および7.7mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延されたが、最大はおよそ12%の横断面積の低下であった。図15から明らかなように、各々のサンプルについて300における比較的短い熱処理時間（0～45分）で引張強さの有意な初期増大があり、引張強さはその温度におけるおよそ45分の熱処理後横ばい状態になる傾向があった。引張強さはより高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。サンプルの引張強さは全熱処理時間範囲にわたって熱処理前のサンプルの引張強さより高かった。

20

【0219】

図16は、300 で熱処理されたHSLAサンプルの伸び（Agt）対熱処理時間（0～30分）のグラフであり、サンプルは本発明に従って8mmの直径の鋼棒から冷間圧延された7.5mm、7.6mm、および7.7mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。これらのサンプルは図13のサンプルと同じ条件下で冷間圧延され熱処理された。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延されたが、最大はおよそ12%の横断面積の低下であった。このグラフは図13の考察において強調された最初の30分の熱処理時間に焦点を合わせている。図16から明らかなように、延性の最初の低下（これは通常の時効と一致している）後、各々のサンプルで延性は300における熱処理時間と共に安定して増大し、延性はより低い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

30

【0220】

図17は、300 で熱処理されたHSLAサンプルの降伏応力（耐力 - MPa）対熱処理時間（0～30分）のグラフであり、サンプルは本発明に従って8mmの直径の鋼棒から冷間圧延された7.5mm、7.6mm、および7.7mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延されたが、最大はおよそ12%の横断面積の低下であった。これらのサンプルは図14のサンプルと同じ条件下で冷間圧延され熱処理された。このグラフは図14の考察で強調された最初の30分の熱処理時間に焦点を合わせている。図17から明らかなように、各々のサンプルで300における熱処理時間と共に降伏応力は全体として安定して増大した。降伏応力はより高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。降伏応力の増大は通常の歪み時効で期待できるものよりずっと大きい。通常の歪み時効は延性の低下に至るので不利である。

40

【0221】

図18は、300 で熱処理されたHSLAサンプルの引張強さ（MPa）対熱処理時間（0～30分）のグラフであり、サンプルは本発明に従って8mmの直径の鋼棒から冷間圧延された7.5mm、7.6mm、および7.7mmの直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延されたが、最大はおよそ12%の横断面積の低下であった。これらのサンプルは図15のサンプルと同じ条件下で冷間圧延され熱処理された。このグラフは図15の考察で強調された最初の30分の熱処理時間に焦点を

50

合わせている。図 18 から明らかなように、各々のサンプルで引張強さは 300 における熱処理時間と共に安定して増大した。引張強さはより高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

【0222】

図 19 は、500 で熱処理された HSLA サンプルの伸び (Agt) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフであり、サンプルは本発明に従って 8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延されたが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 19 から明らかなように、最初の延性の低下 (これは通常の時効と一致している) 後、延性は各々のサンプルで 500 における熱処理時間と共に安定して増大し、この延性はより低い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

10

【0223】

図 20 は、500 で熱処理された HSLA サンプルの降伏応力 (耐力 - MPa) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフであり、サンプルは本発明に従って 8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延されたが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 20 から明らかなように、500 の熱処理温度での降伏応力は各々のサンプルで最初に増大し、各々のサンプルの降伏応力は 10 分後に最大の降伏応力に到達した。各々のサンプルの降伏応力は 10 分を超えると熱処理時間と共に低下した。降伏応力はより高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。サンプルの降伏応力は全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。

20

【0224】

図 21 は、500 で熱処理された HSLA サンプルの引張強さ (MPa) 対熱処理時間 (0 ~ 30 分) のグラフであり、サンプルは本発明に従って 8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 7.5 mm、7.6 mm、および 7.7 mm の直径の鋼線サンプルからなっていた。サンプルはいろいろな程度に冷間圧延されたが、最大はおよそ 12 % の横断断面積の低下であった。図 21 から明らかなように、各々のサンプルに対して 500 の熱処理温度で引張強さは最初に増大し、各々のサンプルの引張強さは 10 分後最大の引張強さに到達し、10 分を超えると各々のサンプルの引張強さは熱処理時間と共に低下した。引張強さはより高い冷間圧延率を有するサンプルの方が高かった。

30

【0225】

図 22 は、本発明に従って、8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延され、750 で 20 分までの時間熱処理され、その後水焼き入れされた (water quenched)、6.75 mm の直径の HSLA 鋼線サンプルの伸び (Agt) 対熱処理時間 (0 ~ 20 分) のグラフである。冷間圧延量は横断断面積の 29 % 低下である。図 22 から明らかなように、延性の最初の低下 (これは通常の歪み時効と一致している) 後、7 分までは 750 での熱処理時間と共に延性が安定して増大し、次に延性が突然低下し、また突然増大した後およそ 10 ~ 12 分で横ばいになった。図 22 から明らかなように、熱処理されたサンプルの水焼き入れは 2 ~ 7 分の熱処理時間では延性に対して不利な影響がなかった。図 22 の結果と、8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延され 500 で熱処理された 7.5、7.6、7.7 mm の材料に対する図 19 の結果との比較から明らかなように、図 22 の 6.75 mm の材料の延性は図 19 の 7.5、7.6、7.7 mm の材料より高かった。この知見は、冷間圧延率が増大すると延性が低下した図 19 の 7.5、7.6、7.7 mm の材料に対する証拠と逆である。これは、より大きい延性を生じる 6.75 mm の材料に対するより高い熱処理温度の結果であり得る。

40

【0226】

図 23 は、本発明に従って、8 mm の直径の鋼棒から冷間圧延され、750 で熱処理された後水焼き入れされた、6.75 mm の直径の HSLA 鋼線サンプルの降伏応力 (耐力 - MPa) および引張強さ (MPa) 対熱処理時間 (0 ~ 20 分) のグラフである。図 23 から明らかなように、7 分まで熱処理された後クエンチされたサンプルの水焼き入れ

50

では降伏応力と引張強さが改良された。8分未満の熱処理時間に続くクエンチの結果、引張強さがかなり増大し、降伏応力がかなり低下した。図23から明らかなように、当該熱処理温度で、降伏応力と引張強さが改良される7分までの熱処理時間の窓があった。クエンチは機械的性質を破壊しない。クエンチすることの利点は製品を直ちに利用できるということである。

【0227】

図24は、本発明に従って、8mmの直径の鋼棒から冷間圧延され、500 で熱処理された後水焼き入れされた、6.75mmの直径のHSLA鋼線サンプルの伸び(Agt)対熱処理時間(0~20分)のグラフである。図24から明らかなように、延性の最初の低下(これは通常の歪み時効と一致している)後延性は500 での熱処理時間と共に安定して増大した。図24から明らかなように、5分を超える熱処理時間では熱処理されたサンプルの水焼き入れは延性に対して不利な影響がなかった。さらに、前段落で言及したサンプルの750 というより高い熱処理温度が500 で熱処理されたサンプルより約2%大きい延性を生じたことも明らかである。

10

【0228】

図25は、本発明に従って、8mmの直径の鋼棒から冷間圧延され、500 で熱処理された後水焼き入れされた、6.75mmの直径のHSLA鋼線サンプルの降伏応力(耐力-MPa)および引張強さ(MPa)対熱処理時間(0~20分)のグラフである。図25から明らかなように、熱処理されたサンプルの水焼き入れは降伏応力および引張応力に対して実質的な影響がなかった。言い換えると、この熱処理温度では、水焼き入れ処理された鋼に下降傾向がない。それにもかかわらず、これらの熱処理条件で降伏応力と引張強さが増大したということに留意すべきである。

20

【0229】

図26~31は、低炭素鋼サンプルに対する研究開発の結果に焦点を合わせている。

【0230】

図26は、500 で熱処理されたサンプルの伸び(Agt)対熱処理時間(0~30分)のグラフであり、このサンプルはそれぞれ本発明に従って10mmの直径および8.5mmの鋼棒から冷間圧延された9.5mmおよび6.75mmの直径の低炭素鋼線サンプルからなっていた。冷間圧延量はそれぞれ18%および37%の横断断面積の低下である。図26から明らかなように、最初の延性の低下(これは通常の歪み時効と一致している)後延性は500 での熱処理時間と共に安定して増大した。

30

【0231】

図27は、500 で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)対熱処理時間(0~30分)のグラフであり、このサンプルはそれぞれ本発明に従って10.5mmの直径および8.5mmの鋼棒から冷間圧延された9.5mmおよび6.75mmの直径の低炭素鋼線サンプルからなっていた。冷間圧延量はそれぞれ18%および37%の横断断面積の低下である。図27から明らかなように、より高度に機械加工されたサンプル(すなわち6.75mmのサンプル)の降伏応力は最初増大した(2分までの熱処理時間)後、熱処理時間と共に低下し、7分の処理時間が経過した後降伏応力は最初の出発強度、すなわち冷間加工されたときの強度に低下した。この降伏応力の最初の増大は驚くべき結果であり、降伏応力の増大を達成することが可能な熱処理窓があることを示している。また、図27から明らかなように、より低度で機械加工されたサンプル(すなわち9.5mmのサンプル)の降伏応力は8分までの間熱処理によって不利な影響を受けなかった。図26と併せて考えると、図27に報告された降伏応力の結果は重要な結果である。なぜならば、これらの結果は、かかる重度に加工された鋼を熱処理し、降伏応力を損失することなく、さらに重要なことには降伏応力の増大も可能としつつ、図26の延性の増大を達成することが可能であるということを示しているからである。

40

【0232】

図28は、500 で熱処理されたサンプルの引張強さ(MPa)対熱処理時間(0~30分)のグラフであり、このサンプルはそれぞれ本発明に従って10.5mmの直径お

50

よび 8.5 mm の鋼棒から冷間圧延された 9.5 mm および 6.75 mm の直径の低炭素鋼線サンプルからなっていた。冷間圧延量はそれぞれ 18 % および 37 % の横断断面積の低下である。図 28 から明らかなように、より低度で機械加工されたサンプル（すなわち 9.5 mm のサンプル）の引張強さは最初に増大した（8 分までの熱処理時間）後、熱処理時間と共に低下した。この引張強さの最初の増大は驚くべき結果であり、引張強さの増大を達成することが可能な熱処理窓があることを示している。図 26 および 27 と併せて考えると、図 28 の結果は重要な結果である。なぜならば、かかる重度に加工された鋼を熱処理し、引張強さを損失することなく、図 26 の延性の増大および図 27 の降伏応力の増大を達成することが可能であることを示しているからである。

【0233】

図 29 は、500 で熱処理されたサンプルの降伏応力（耐力 - MPa）、引張強さ（MPa）、および伸び（Agt）対熱処理時間（0 ~ 15 分）のグラフであり、このサンプルは本発明に従って 12 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 10.7 mm の直径の低炭素鋼線サンプルからなっていた。冷間圧延量はサンプルの横断断面積の 20 % 低下である。各々のパラメーターに対するプロットは実際のデータ点のベストフィット線として示されている。図 29 から明らかなように、降伏応力、引張強さおよび延性は熱処理時間と共に安定して増大した。降伏応力の増大は驚くべき結果である。サンプルの降伏応力は全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。

【0234】

図 30 は、500 で熱処理されたサンプルの降伏応力（耐力 - MPa）、引張強さ（MPa）、および伸び（Agt）対熱処理時間（0 ~ 15 分）のグラフであり、このサンプルは本発明に従って 7.6 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 8.5 mm の直径の低炭素鋼線サンプルからなっていた。冷間圧延量はサンプルの横断断面積の 20 % 低下である。各々のパラメーターに対するプロットは実際のデータ点のベストフィット線として示されている。図 30 から明らかなように、降伏応力および引張強さは最初熱処理時間と共に増大し、およそ 5 分でピークに到達した後より長い熱処理時間と共に徐々に低下した。降伏応力の最初の増大は驚くべき結果であり、降伏応力の増大を達成することが可能な熱処理窓があることを示している。サンプルの降伏応力は全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。また、延性は熱処理時間と共に安定して増大したことも図 30 から明らかである。

【0235】

図 31 は、500 で熱処理されたサンプルの降伏応力（耐力 - MPa）、引張強さ（MPa）、および伸び（Agt）対熱処理時間（0 ~ 15 分）のグラフであり、このサンプルは本発明に従って 5.5 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 4.75 mm の直径の低炭素鋼線サンプルからなっていた。鋼線サンプルは熱処理する前にストレートナーに通した。冷間圧延量はサンプルの横断断面積の 25 % 低下となる。各々のパラメーターのプロットは実際のデータ点のベストフィット線として示されている。図 31 から明らかなように、降伏応力および引張強さは最初熱処理時間と共に極めて急激に増大し、およそ 2 ~ 3 分でピークに達した後より長い熱処理時間と共に徐々に低下した。降伏応力の最初の増大は驚くべき結果であり、降伏応力の増大を達成することが可能な熱処理窓があることを示している。サンプルの降伏応力は全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。また、延性は熱処理時間と共に安定して増大したことも図 31 から明らかである。

【0236】

図 32 は、500 で熱処理されたサンプルの降伏応力（耐力 - MPa）、引張強さ（MPa）、および伸び（Agt）対熱処理時間（0 ~ 15 分）のグラフであり、このサンプルは本発明に従って 5.5 mm の直径の鋼棒から冷間圧延された 4.75 mm の直径の低炭素鋼線サンプルからなっていた。鋼線サンプルは熱処理する前にストレートナーに通した。冷間圧延量はサンプルの横断断面積の 25 % 低下となる。この実験と図 31 に報告した実験の実験手順の違いは使用したストレートナーの種類だけである。矯正ロールは、

10

20

30

40

50

項目(h)のサンプルに使用した矯正ロールより小さい直径の矯正ロールであった。各々のパラメーターのプロットは実際のデータ点のベストフィット線として示されている。図32から明らかなように、降伏応力および引張強さは最初熱処理時間と共に極めて急速に増大し、およそ2~3分でピークに達した後より長い熱処理時間と共に徐々に低下した。この降伏応力の最初の増大は驚くべき結果であり、降伏応力の増大を達成することが可能な熱処理窓があることを示している。サンプルの降伏応力は全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。また、延性は熱処理時間と共に安定して増大したことも図32から明らかである。降伏応力、引張強さおよび伸びが図31のストレートナーでは図32のストレートナーより幾らか高いことを除くと、図31および32の実験結果は非常によく類似している。

10

【0237】

図33は、500 で熱処理されたサンプルの降伏応力(耐力-MPa)、引張強さ(MPa)、および伸び(Agt)対熱処理時間(0~15分)のグラフであり、このサンプルは本発明に従って5.5mmの直径の鋼棒から冷間圧延された3.06mmの直径の中炭素鋼線サンプルからなっていた。冷間圧延量はそれぞれサンプルの横断断面積の69%低下である。各々のパラメーターのプロットは実際のデータ点のベストフィット線として示されている。図33から明らかなように、降伏応力は最初熱処理時間と共に極めて急激に増大し、およそ3分でピークに達した後より長い熱処理時間と共に徐々に低下した。降伏応力の最初の増大は驚くべき結果であり、降伏応力の増大を達成することが可能な熱処理窓があることを示している。サンプルの降伏応力は全熱処理温度範囲にわたって熱処理前のサンプルの降伏応力より高かった。また、延性は熱処理時間と共に安定して増大したことも図33から明らかである。

20

【0238】

本出願人によって行われた実験研究は、本発明に従って処理されたりブ付きおよび滑らかな鋼線で本発明が機能する仕方に違いがないことを示している。

【0239】

一般論として、図に要約されている研究の結果によって示されているように、本出願人は、驚くべきことに、高強度低合金、中炭素、および低炭素鋼の鋼線の延性(伸びとして測定される)、降伏応力、および引張強さを、機械加工と熱処理の組合せの結果として増大することができるということを知見した。この知見は、次の理由により意義深い知見である。

30

【0240】

・製品中の鋼の強度能力を損失することなく製品を製造するのに必要とされる鋼の量をかなり低減することが可能である。製品に必要とされる鋼の量の低減は建造の経済を改良し、炭素フットプリントを低下させる。

【0241】

・より高い強度と延性の製品を得る機会がある。

【0242】

・鋼製品から作製される複合製品の設計およびその結果のコストを変化させる可能性がある。1つの例は建造産業で使用される鋼で強化されたコンクリート製品である。本発明により、これらの製品に使用される鋼の量および/またはコンクリートの量を低減し、あるいは一定の量の鋼に対するこれらの製品の構造的性能を増大することが可能になり得る。

40

【0243】

・この方法は、低い資本と操業コストで行うことができるという点で安価である。

【0244】

本発明は最終用途製品を製造するいろいろな段階で 사용할ことができ、従って大きな融通性を提供する。例えば、鋼線を本発明に従って加工処理してその鋼線の降伏応力と延性を増大させた後にコイル状に巻き取ることができる。

【0245】

このコイル状の製品をスパイラル、結紮具等のような最終用途製品に成形することがで

50

きる。あるいは、標準的な鋼線を製造し、コイル状に巻き取った後加工してメッシュシートおよび結紮具等のような製品を製造することができ、これらの製品を本発明に従って加工処理して製品の降伏応力と延性を増大することができる。

【0246】

以上に説明した本発明には、本発明の思想と範囲から逸脱することなく多くの修正を施すことができる。

【0247】

例として、上に報告された研究および開発プログラムは鋼線に焦点を合わせているが、本出願人の見解では、以上の鋼線で見出された結果は鋼棒、棒鋼、および帯鋼製品にも読み替えられるはずである。

【図1】

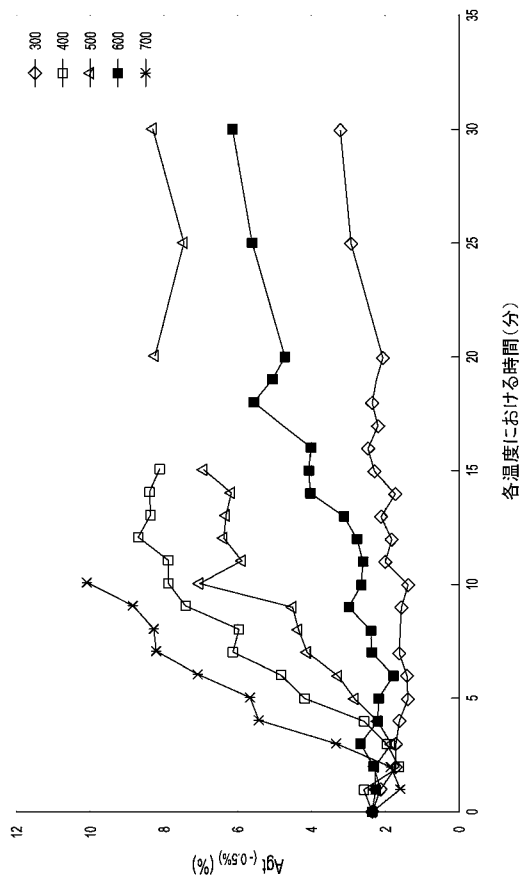


Figure 1

【図2】

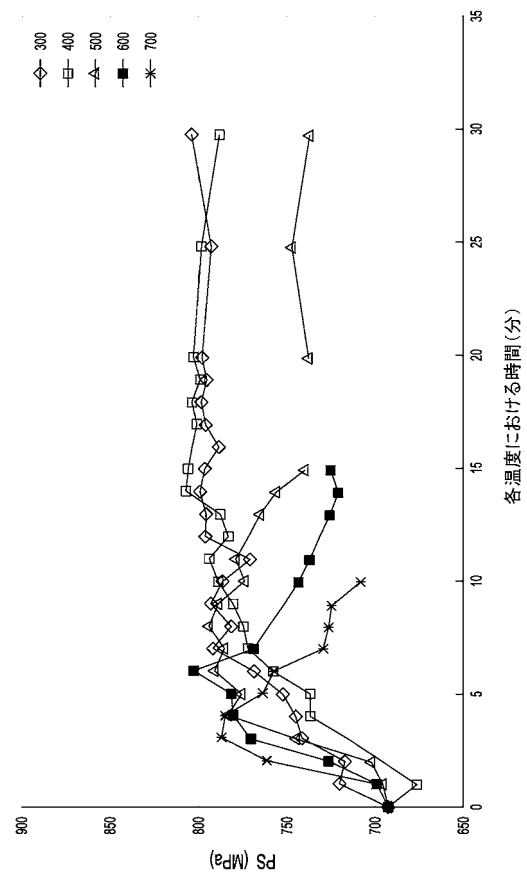
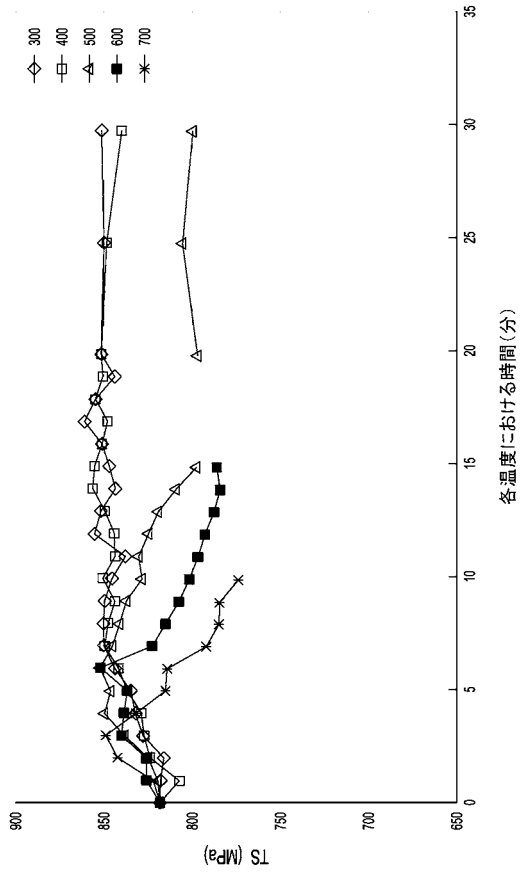


Figure 2

【図 3】



【図 4】

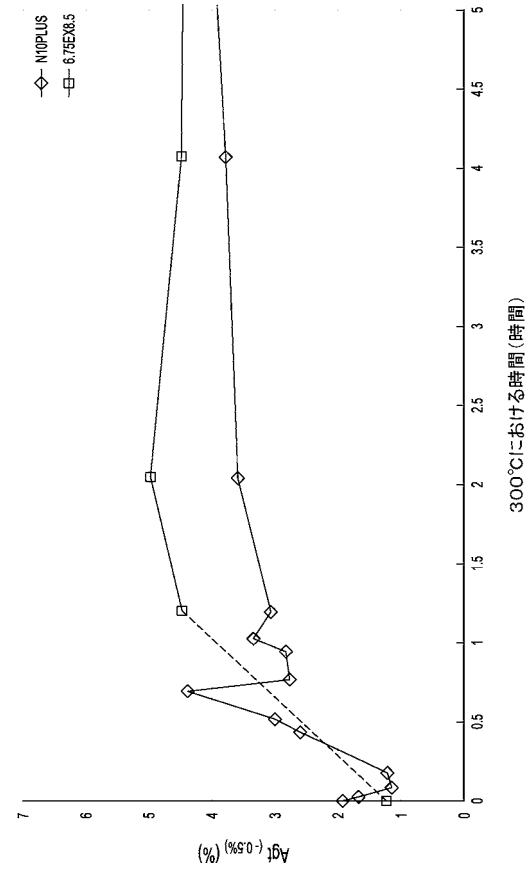


Figure 4

【図 5】

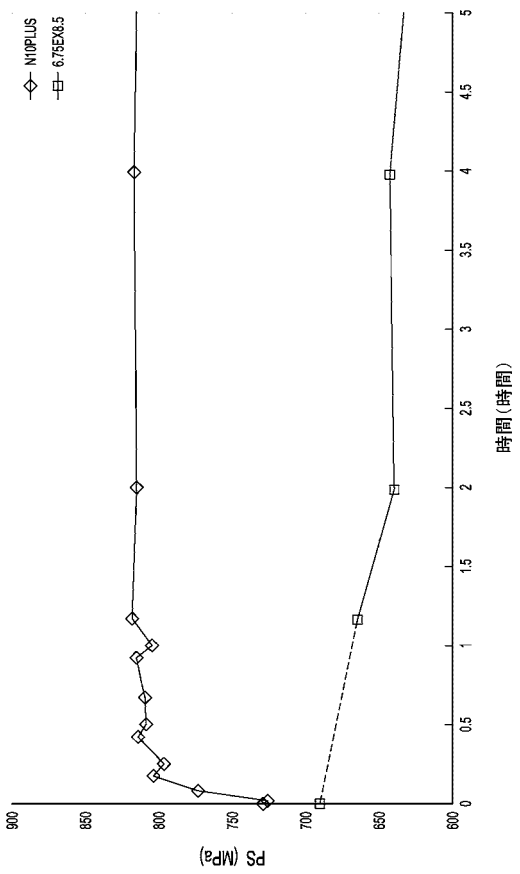


Figure 5

【図 6】

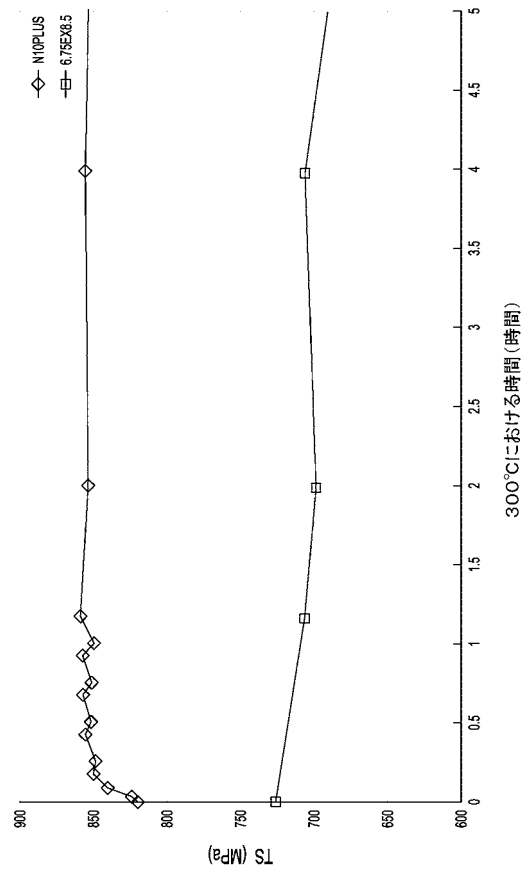


Figure 6

【図 7】

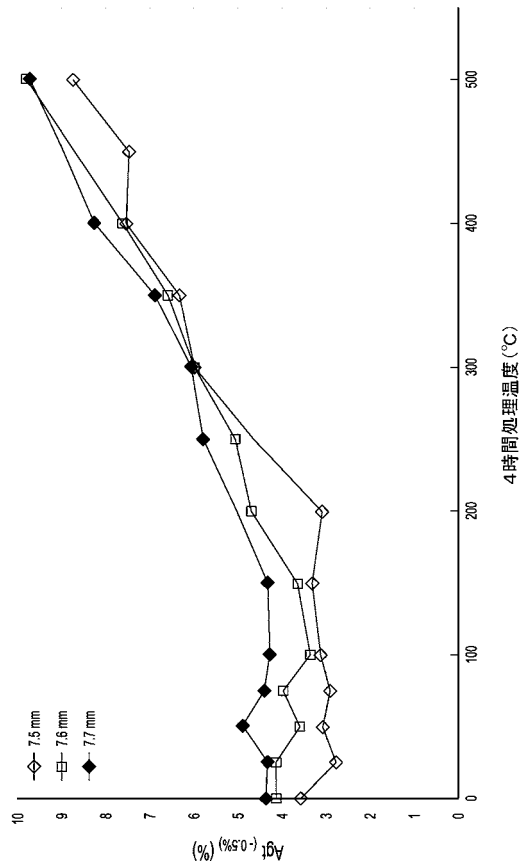


Figure 7

【図 8】

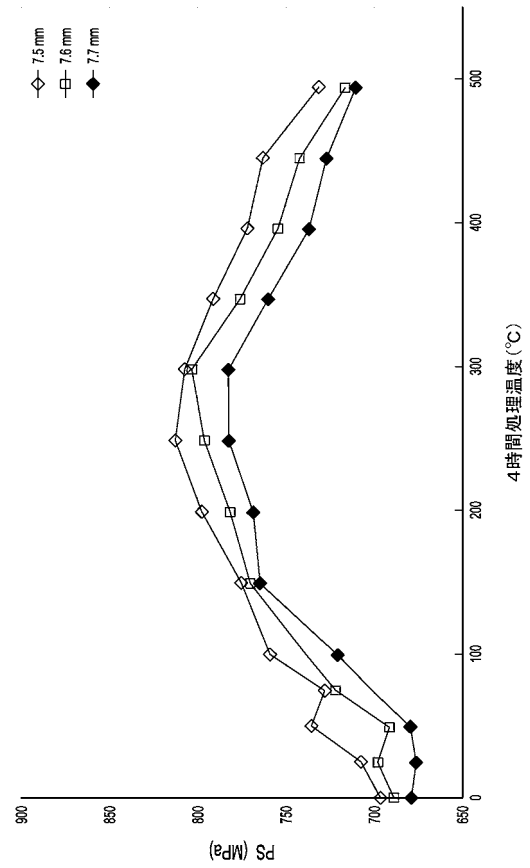


Figure 8

【図 9】

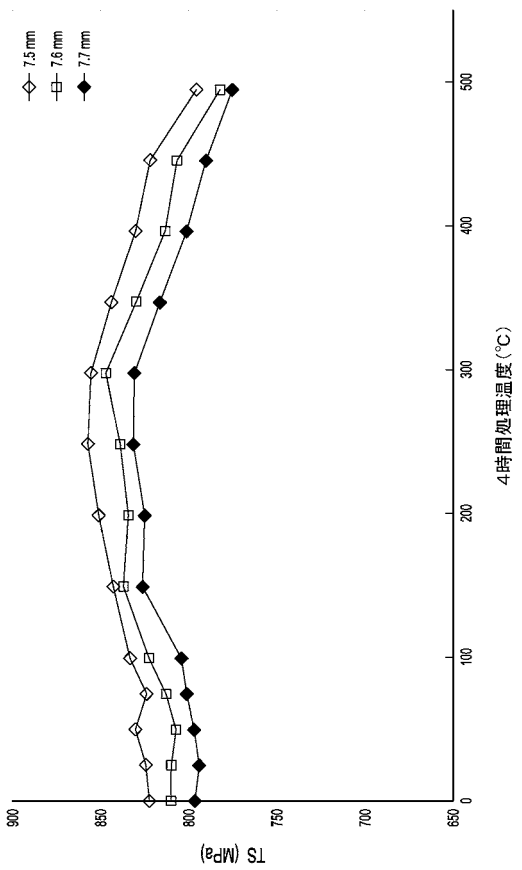


Figure 9

【図 10】

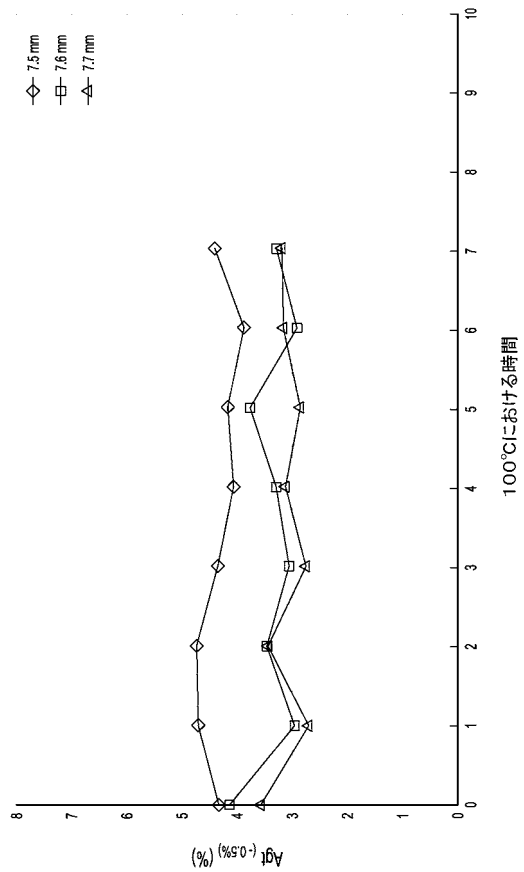


Figure 10

【図 1 1】

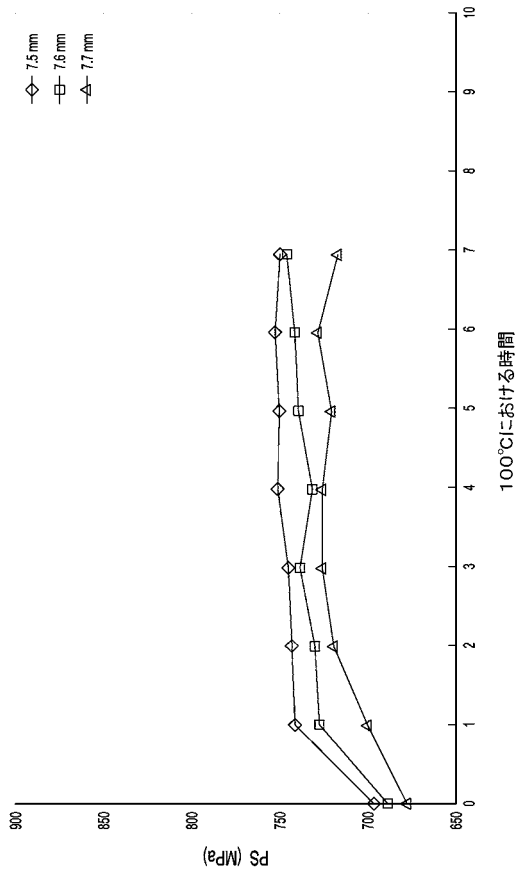


Figure 11

【図 1 2】

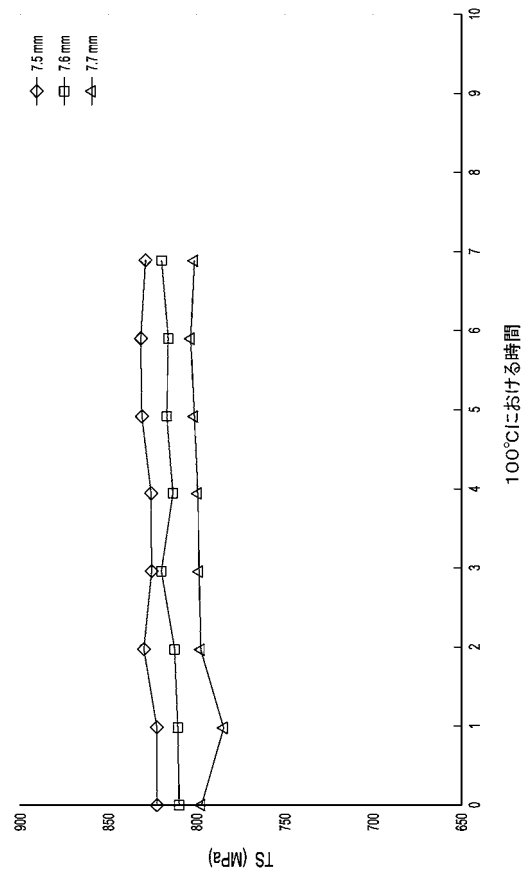


Figure 12

【図 1 3】

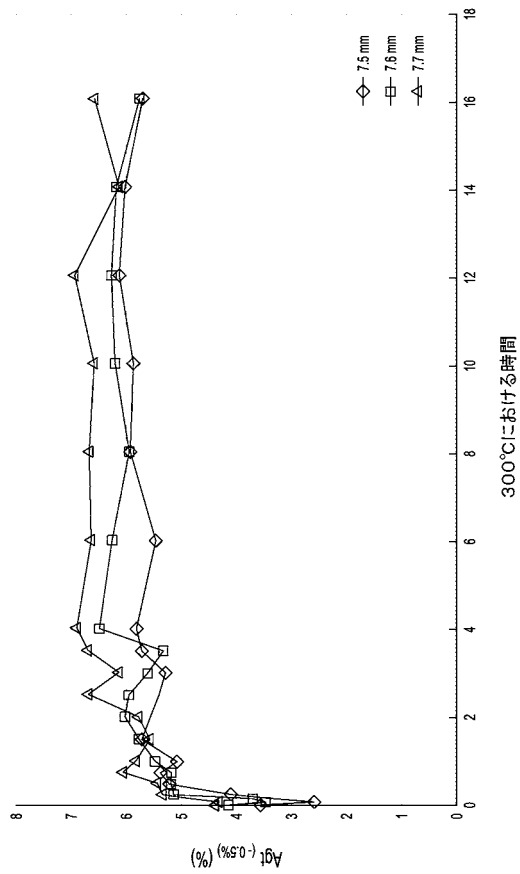


Figure 13

【図 1 4】

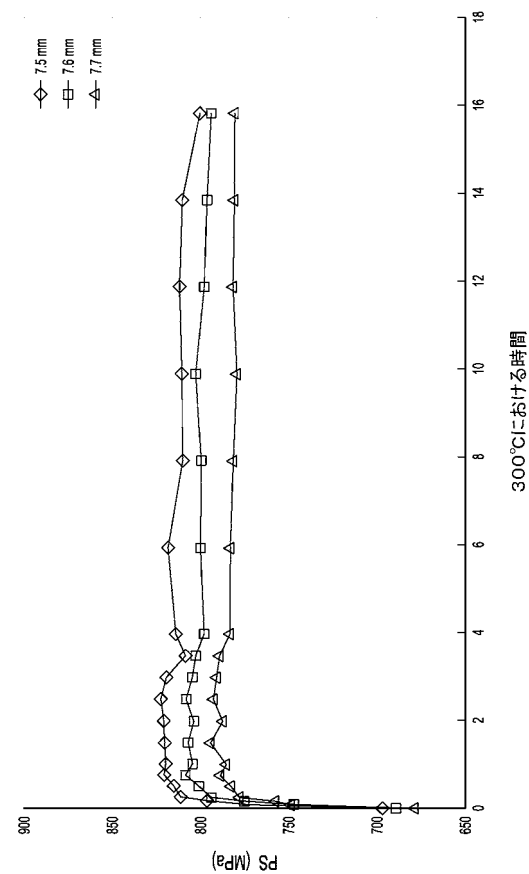


Figure 14

【図 15】

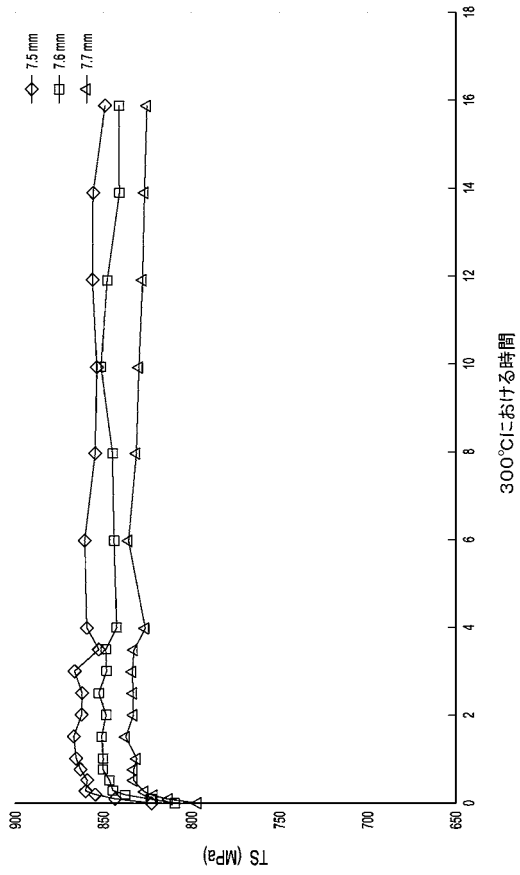


Figure 15

【図 16】

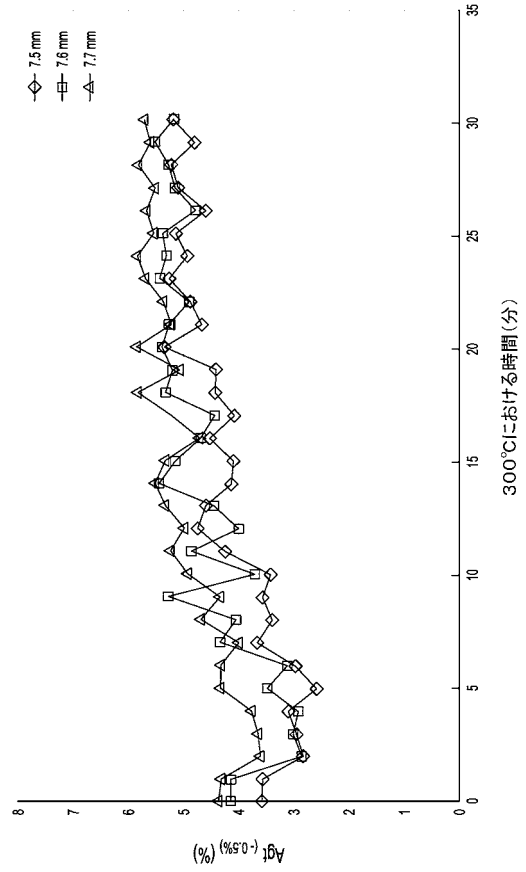


Figure 16

【図 17】

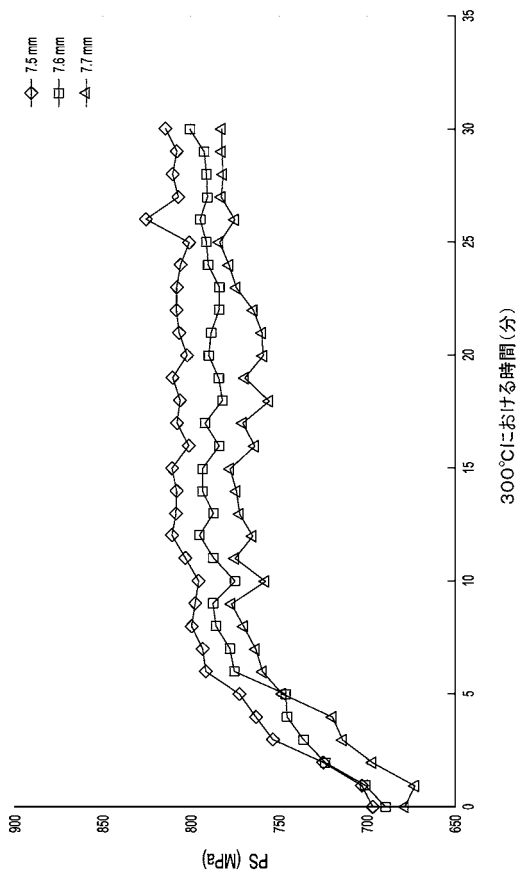


Figure 17

【図 18】

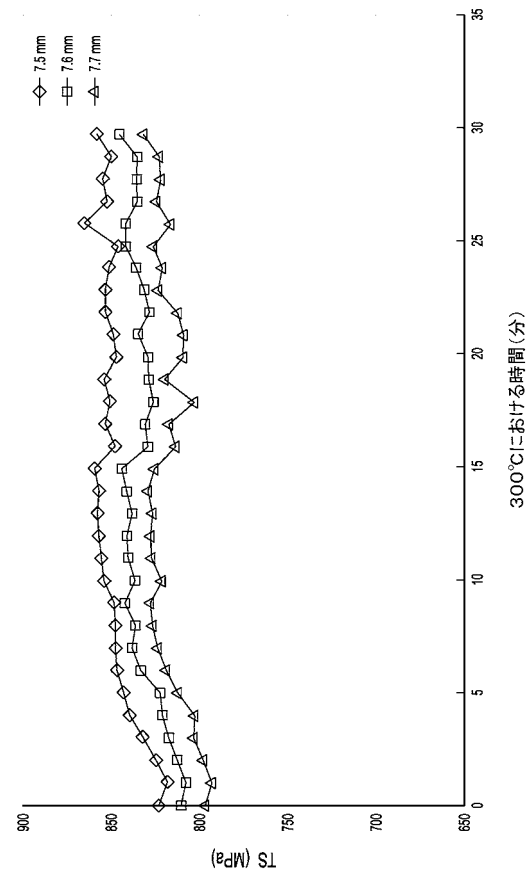


Figure 18

【図 19】

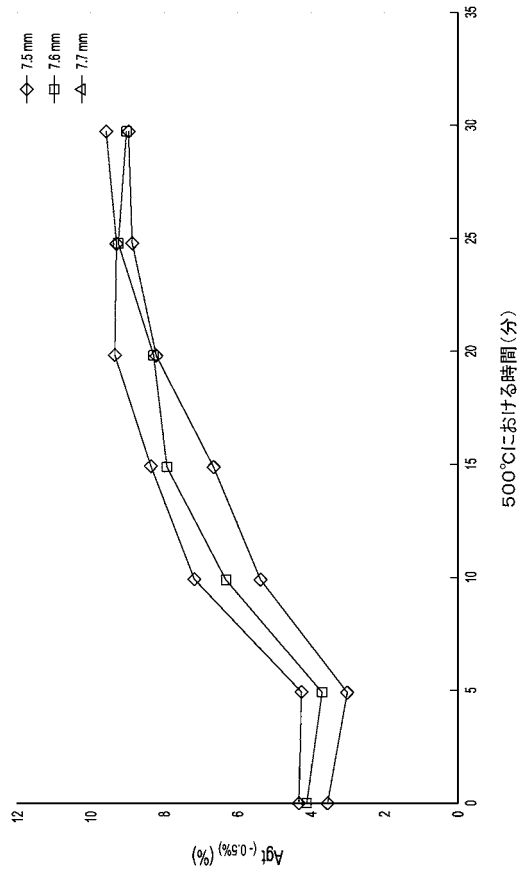


Figure 19

【図 20】

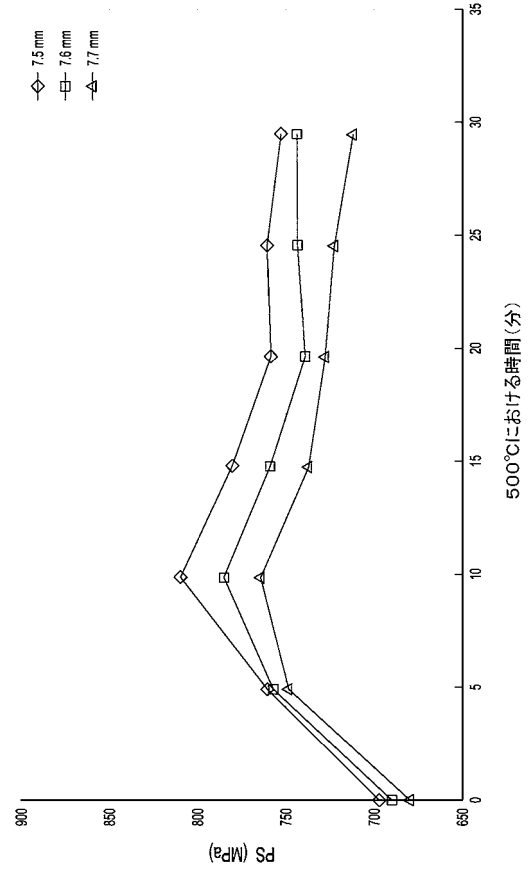


Figure 20

【図 21】

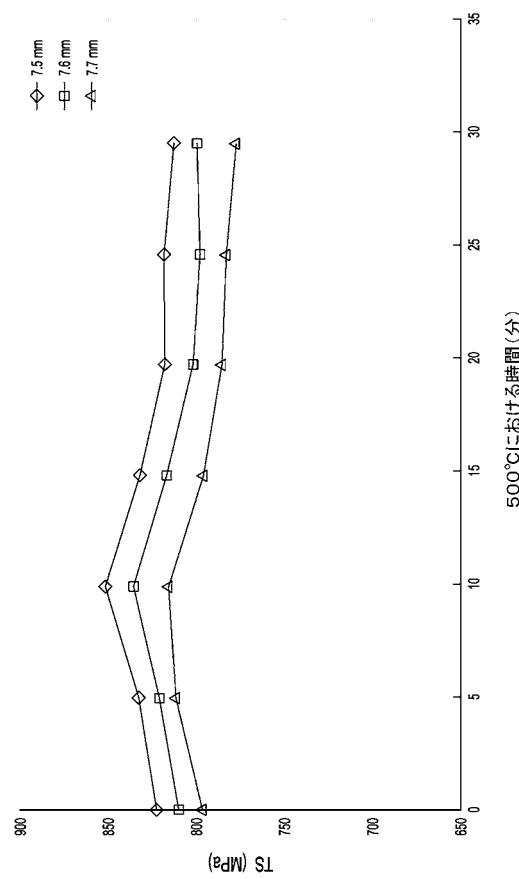


Figure 21

【図 22】

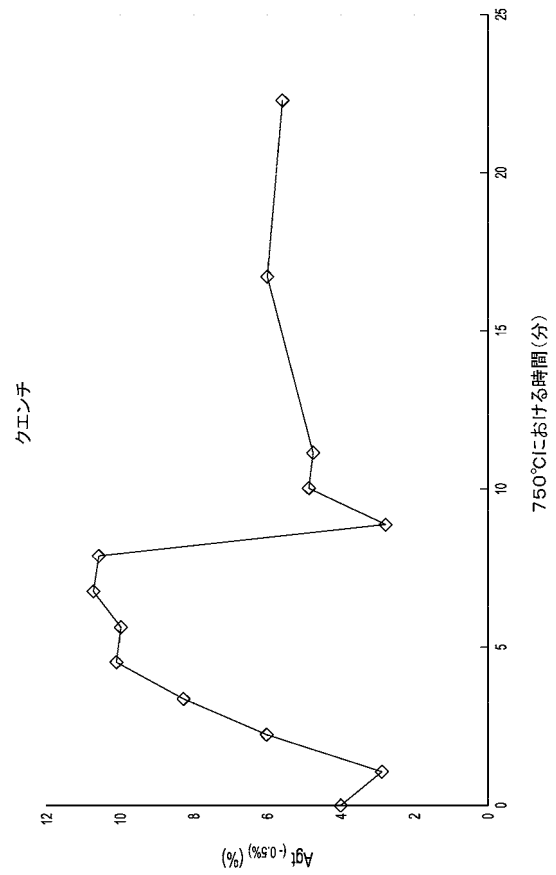


Figure 22

クエンチ

【図 2 3】

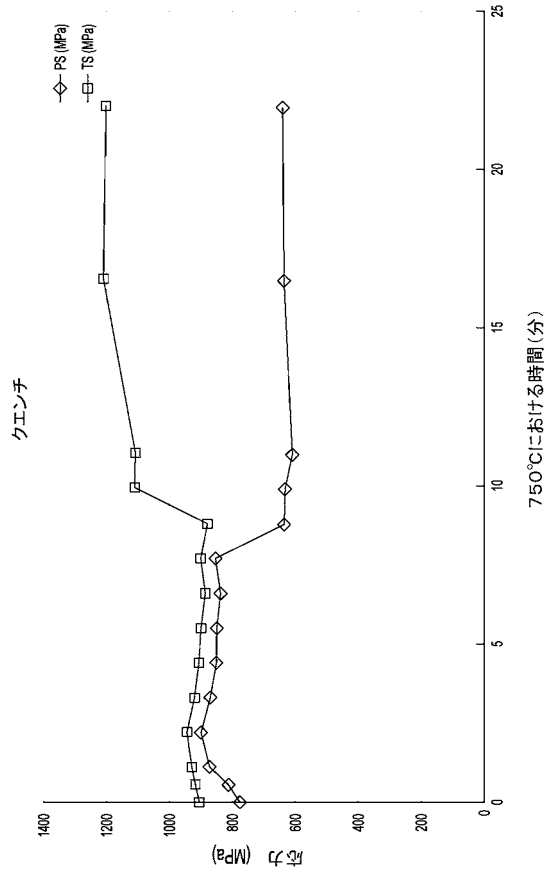


Figure 23

【図 2 4】

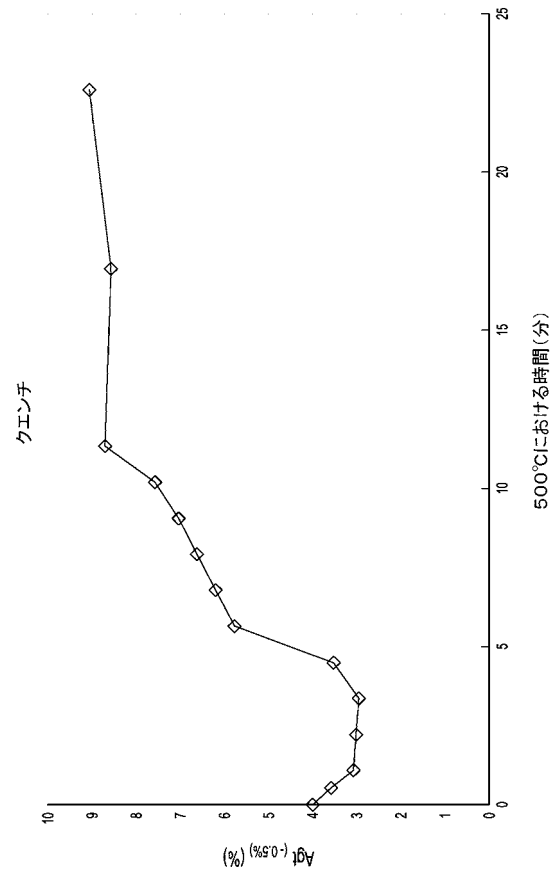


Figure 24

【図 2 5】

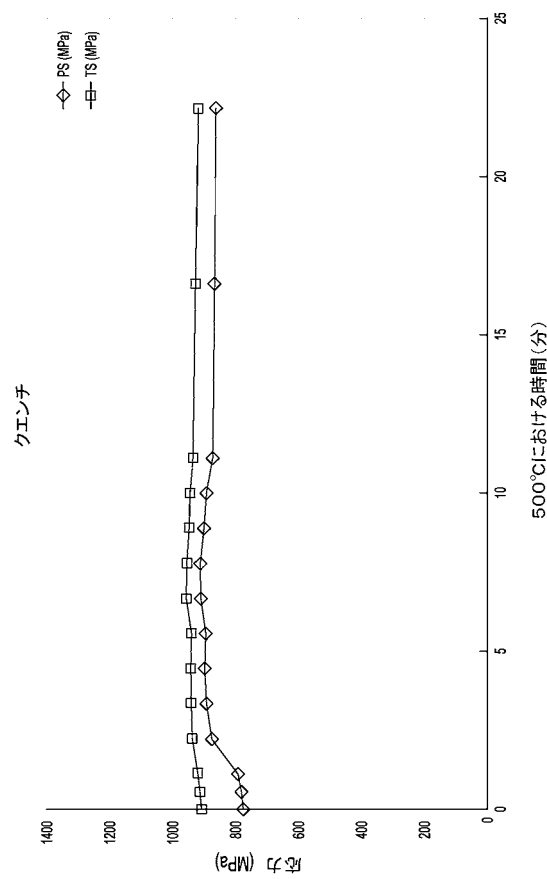


Figure 25

【図 2 6】

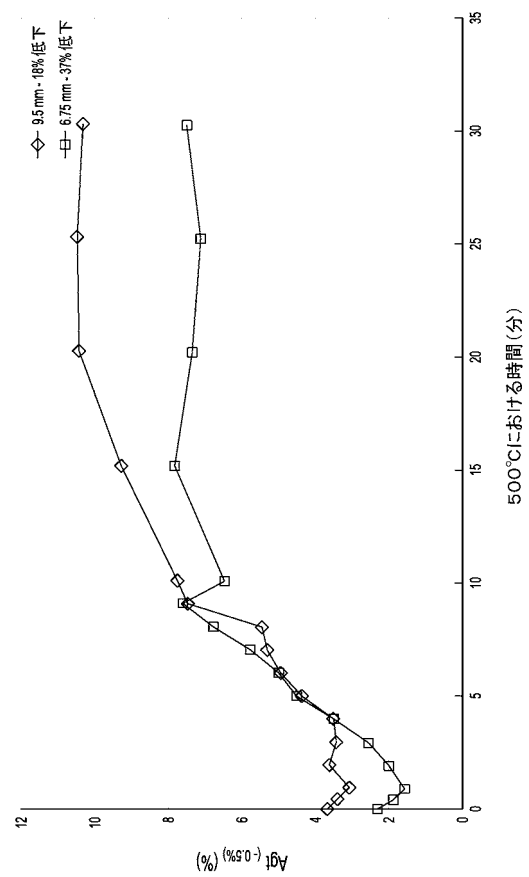


Figure 26

【図 27】

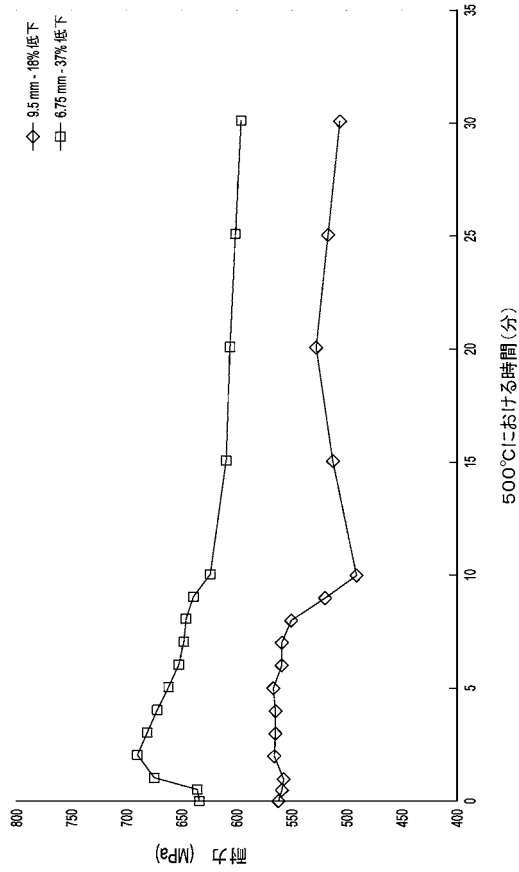


Figure 27

【図 28】

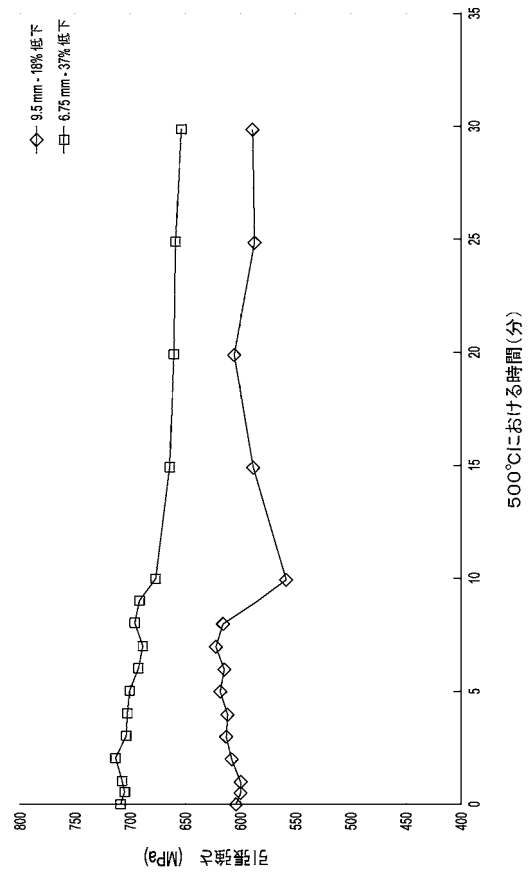


Figure 28

【図 29】

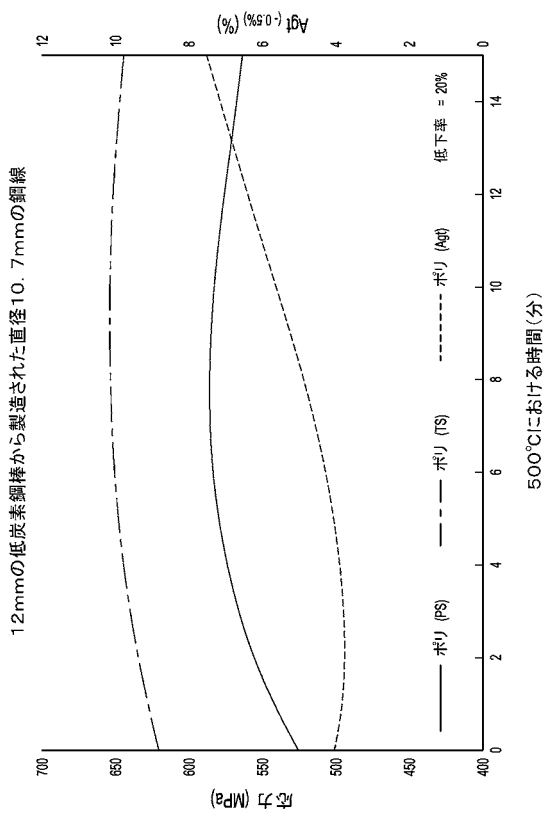


Figure 29

【図 30】

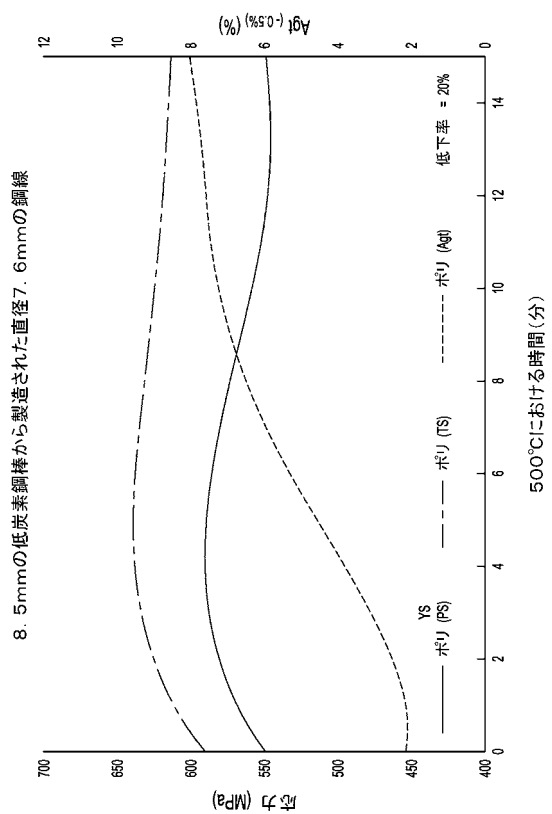


Figure 30

【図 3 1】

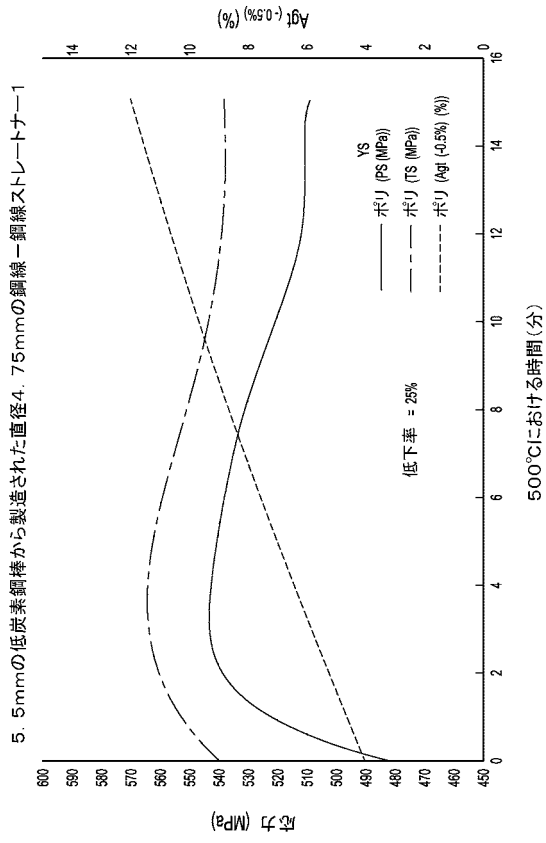


Figure 31

【図 3 2】

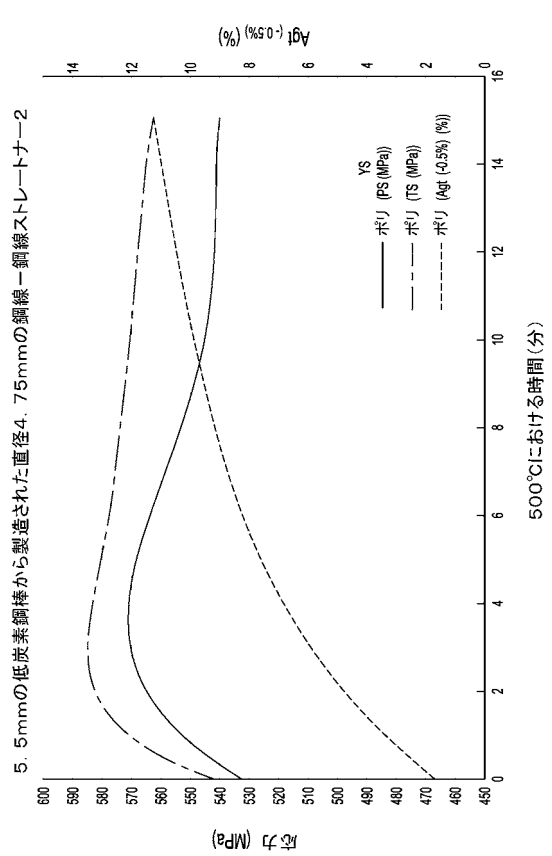


Figure 32

【図 3 3】

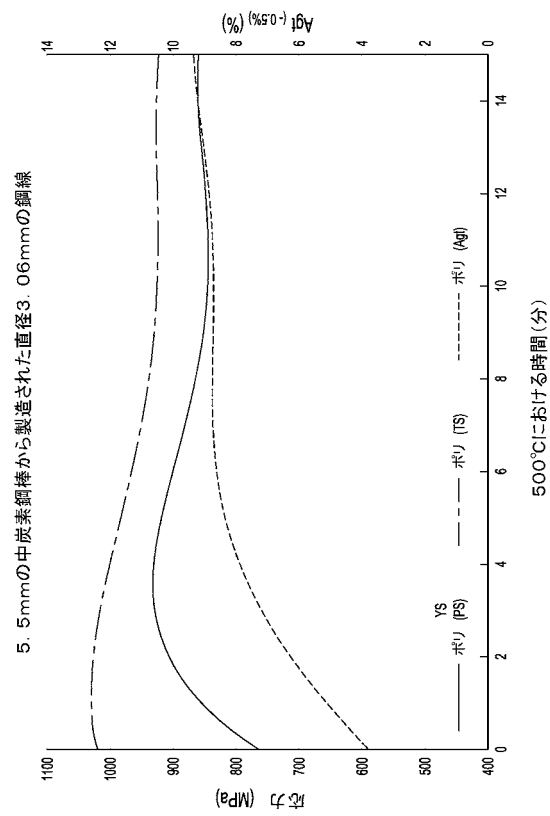


Figure 33

【手続補正書】

【提出日】平成26年11月14日(2014.11.14)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機械加工された低炭素鋼製品、中炭素鋼製品、または高強度低合金鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 2】

機械加工された低炭素鋼製品、中炭素鋼製品、または高強度低合金鋼製品を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大し、鋼の引張強さを維持または増大することを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 3】

熱処理された鋼の伸びとして測定される延性の、機械加工された鋼の延性と比較した増大が 5 % より大きい、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

熱処理された鋼の降伏応力の、機械加工された鋼の降伏応力と比較した増大が 5 % より大きい、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

(a) 低炭素鋼、中炭素鋼、または高強度低合金鋼の原料鋼を機械加工するステップと、

(b) 機械加工された原料鋼を熱処理し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大するステップと、

(c) 鋼製品を形成するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 6】

機械加工するステップ (a) が冷間圧延もしくは引き抜き、または原料鋼の横断断面積を低下させる他の任意の適切な機械加工ステップを含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

機械加工するステップ (a) が、冷間圧延もしくは引き抜き、または必ずしも横断断面積を変化させることなく、原料鋼の断面形状を変化させる他の任意の適切な機械加工ステップを含み、そのため形状変化を引き起こすために必要とされるエネルギーが入力されている、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

(a) 低炭素鋼製品、中炭素鋼製品、または高強度低合金鋼製品を機械加工するステップと、

(b) 機械加工された鋼製品を熱処理し、鋼の延性を増大し、鋼の降伏応力を維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 9】

機械加工するステップ (a) が冷間圧延もしくは引き抜き、または鋼製品の横断断面積を低下させる他の任意の適切な機械加工ステップを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

機械加工するステップ (a) が、冷間圧延もしくは引き抜き、または必ずしも横断断面積を変化させることなく、原料鋼の断面形状を変化させる他の任意の適切な機械加工ステップを含み、そのため形状変化を引き起こすために必要とされるエネルギーが入力されて

いる、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 1】

(a) 低炭素鋼、中炭素鋼、または高強度低合金鋼の原料鋼を機械加工するステップと、
(b) 機械加工された原料鋼から鋼製品を形成するステップと、
(c) 鋼製品を熱処理し、鋼製品の延性を増大し、鋼製品の降伏応力を維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 1 2】

(a) 低炭素鋼、中炭素鋼、または高強度低合金鋼の原料鋼を機械加工するステップと、
(b) 機械加工された原料鋼から鋼製品を形成するステップと、
(c) 形成された鋼製品を熱処理し、鋼製品の延性を増大し、鋼製品の降伏応力および引張強さを維持または増大するステップ
とを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 1 3】

機械加工するステップ (a) が冷間圧延もしくは引き抜き、または原料鋼の横断断面積を低下させる他の任意の適切な機械加工ステップを含む、請求項 1 1 または 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

機械加工するステップ (a) が、冷間圧延もしくは引き抜き、または必ずしも横断断面積を変化させることなく、原料鋼の断面形状を変化させる他の任意の適切な機械加工ステップを含み、そのため形状変化を引き起こすために必要とされるエネルギーが入力されている、請求項 1 1 または 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

鋼が高強度低合金鋼である、請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 6】

鋼が低炭素鋼である、請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 7】

鋼が中炭素鋼である、請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 8】

鋼製品のための出発材料として低炭素鋼、中炭素鋼、または高強度低合金鋼の原料鋼を選択し、原料鋼または原料鋼から作製された製品の機械加工ならびに熱処理時間および熱処理温度条件を選択することにより、製品に必要とされる機械的性質を提供し、機械加工および熱処理ステップを実施し、鋼の延性を維持または増大し、鋼の降伏応力を維持または増大し、必要とされる機械的性質を有する製品を製造することを含む、鋼製品を製造する方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 から 1 8 のいずれか 1 項に記載の方法によって作製された、機械加工され熱処理された低炭素鋼、中炭素鋼、または高強度低合金鋼の鋼製品。

【請求項 2 0】

鋼線、鋼棒、棒鋼、または帯鋼のいずれか 1 つを含む、請求項 1 9 に記載の鋼製品。

【請求項 2 1】

鋼線、鋼棒、棒鋼、および帯鋼のいずれか 1 つから作製された鋼製品を含む、請求項 2 0 に記載の鋼製品。

【 国際調査報告 】

| | | |
|---|---|---|
| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | | International application No. PCT/AU2014/000416 |
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C21D 7/13 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01) C21D 8/00 (2006.01) B21B 15/00 (2006.01) | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) | | |
| WPI and EPDOC; IPC and CPC marks: C21D8/00/low, C21D7/00, C21D7/13, C21D6/00, C21D9/00/low, C21D1/34/low, C21D11/00, C21D9/46, C21D9/52, C21D9/36, B21B15/00 using keywords such as steel, cold work, roll, heat treatment, ductility, yield stress, cross-section, increase, reduce and their similar keywords. Also Google Patents, Espacenet, Google Scholar, Science Direct were searched using keywords such as steel, cold work, roll, heat treatment, ductility, yield stress, cross-section, tensile strength and their similar keywords. | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| | Documents are listed in the continuation of Box C | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex | | |
| * "A" | Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "E" | earlier application or patent but published on or after the international filing date | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "L" | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "O" | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" document member of the same patent family |
| "P" | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |
| Date of the actual completion of the international search 9 July 2014 | | Date of mailing of the international search report 09 July 2014 |
| Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA Email address: pct@ipaustrialia.gov.au | | Authorised officer Abdulla Al-Motin AUSTRALIAN PATENT OFFICE (ISO 9001 Quality Certified Service) Telephone No. 0262837965 |

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | | International application No. |
|---|---|-------------------------------|
| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | PCT/AU2014/000416 |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X | US 5522949 A (WIDMER et al.) 04 June 1996 (Abstract; claims 1-10; column 3, lines 43 -55; Tables 3-4) | 1-21 |
| X | F.C.Liu, Z.N. Yang, C.L. Zheng, F.C. Zhang "Simultaneously improving the strength and ductility of coarse-grained Hadfield steel with increasing strain rate" Scripta Materialia, Volume 66, Issue 7, April 2012, Pages 431-434. (Abstract, pages 431-434 and figures 1-2) | 1-21 |
| P,X | US 2013/0186527 A1 (BRADLEY) 25 July 2013 (Abstract; para[0025-0033]; claims 1-10) | 1-21 |
| <p>Form PCT/ISA/210 (fifth sheet) (July 2009)</p> | | |

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT Information on patent family members | | International application No. PCT/AU2014/000416 | |
|---|------------------|--|------------------|
| This Annex lists known patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. | | | |
| Patent Document/s Cited in Search Report | | Patent Family Member/s | |
| Publication Number | Publication Date | Publication Number | Publication Date |
| US 5522949 A | 04 June 1996 | None | |
| US 2013/0186527 A1 | 25 July 2013 | US 8518195 B2 | 27 Aug 2013 |
| | | CN 103215421 A | 24 Jul 2013 |
| End of Annex | | | |
| | | | |

Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 マクレガー、 グレーム

オーストラリア国 2 5 7 6 ニューサウスウェールズ州 パラドゥー ウェリントン ストリート 1 0

Fターム(参考) 4K032 AA01 AA04 AA05 AA14 AA16 AA19 AA21 AA22 AA29 AA31
AA35 AA36 BA01 BA02 CG01 CH04