

「鋼材基礎講座」Q & A 2005 年 7 月 1 日開催

土木学会 鋼構造委員会 継続教育推進小委員会

質問 1 : 市場性のある板厚がありますが 0.1mm 迄調整できるのにいまだにこうした板厚はあるのでしょうか？

回答 1 : 0.1mm 単位で狙いの板厚を決めて鋼板を製造することは可能です。ただし、実際の鋼板の板厚は規格で定められた公差の範囲内ではばつき、実行上は mm 単位の製造になります。

質問 2 : 焼き入れ、焼き戻しのタイミングが資料のフローではよくわからない。

回答 2 : 圧延→粗切断→熱処理（焼き入れ、焼き戻し）→切断、の順です。

質問 3 : ・形鋼（例えば H 鋼）であれば引張、シャルピー衝撃試験の結果は板と首部でどのくらい差があるのか？ミルシートにはどちらを記述しているか。（H 鋼の略図の首部を指して）強度、じん性はどうか。

・JIS 規格の鋼材のシャルピー値は昔は非常に低かったと聞いていますが今はどうですか（特に-40℃や-20℃で）

回答 3 : ・形鋼（H 形鋼）ではウェブとフランジで厚さが異なり、これに起因して強度、シャルピー衝撃試験結果にばらつきの範囲内で差を生じることはあります。ミルシートには各規格に定められた試験位置での結果が記載されています。図 1 は J I S S M 材の試験位置の例です。

・シャルピー値、特に低温のシャルピー値は鋼材の規格により異なり、一概に高い、低いとは言えません。不純物元素の低減、製造条件の最適化等により、全体レベルとしては高くなっていると思います。

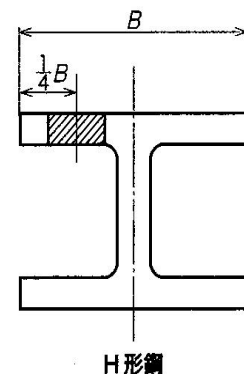


図 1 JIS G 3106 附属書 1 (規定)
試験片の採取位置 (抜粋)

質問 4 : 現在の業務で H 鋼埋め込み桁の詳細設計を行っています。形鋼で SM490（場合によっては SM520）の使用を予定しています。入手がなかなか難しいと思うのですが多少時間はかかっても納入は可能なのでしょうか。鋼重は 130t 程度、諸元は 488×300 です。

回答 4 : 製造量は少ないですが納入は可能です。納期に関しては営業（あるいは商社）にお問合せ下さい。

質問 5 : ・転炉について、合金の鋼を製造するためのプロセスと考えていましたが講座内容から判断してあくまでも脱炭のためのプロセスと考えてよいのですか？

・圧延作業にて水をかけるのはなぜですか？冷却しない方が形をつくりやすいのではないですか？

・Ni(ニッケル) を混ぜると耐候性に優れた鋼材になるのはなぜですか？ニッケルという

のはどんな特徴があるのですか？鋼材に含まれる成分にてそれぞれの性格、働きを教えてください。

回答 5：・転炉の基本的な機能は変わっていません、脱珪、脱硫、脱リン、合金添加、等の役割も担っています。最近の技術の進歩により、脱炭の役割が強くなってきたという意味です。

・圧延直後に水冷する目的は、組織を細粒化し鋼材の高強度化、高靱性化を図るものです。過去には水冷することで形状が不均一になることもありましたが、最近では形状の良い水冷方法が実用化されており、水冷技術の適用も拡大してきています。

・Ni は耐候性鋼材の表面に形成されるさびを緻密化する働きを有しています。その結果、水や酸素の透過を抑制し、耐候性を高めています。なお、鋼に添加する合金元素の一般的な働きは表 1 に示します。

質問 6：LP 鋼板のエキストラが高くなった理由を教えてください。できれば教えてください。

回答 6：LP 鋼板は各板毎に形状が異なり、圧延は 1 枚 1 枚個別に製造しなければなりません。加えて圧延後の切断、板厚測定 of 検査等も 1 枚 1 枚行なわなければなりません。このため従来から生産性が低く、実際の製造コストは、エキストラ価格に比して高くなっていたものです。

質問 7：HT690～HT950 の引張試験の結果が見たいのですがよろしくお願いします。

回答 7：各社で製品の規格を定め製造しています。実際の特性は、鉄鋼各社のホームページ等からご覧いただけますので、ご参照下さい。

質問 8：・ミルスケール（黒錆）について発生する時期または成分、防食効果（不動態化？）等を教えてください。

・製鉄工程の末に、鉄表面に”不動態皮膜”のような酸化皮膜が生成されるのでしょうか？それはミルスケールとは異なるのでしょうか？

回答 8：・熱間圧延時は、圧延前のスラブのデスケールリング、圧延中のデスケールリングによりスケールを除去しています。私たちが目にするミルスケール（黒皮とも呼ばれています）は圧延後の冷却過程で形成されたものです。圧延以降の高温時に形成されるミルスケールは図 2.4 に示しますように鋼板側から、ウスタイト (FeO)、マグネタイト (Fe₃O₄)、ヘマタイト (Fe₂O₃) の組成で形成され、図 2.6 に Fe-O 系平衡状態図を示しますが、ウスタイト (FeO) は約 570℃で Fe とマグネタイト (Fe₃O₄) に分解します。形成されたミルスケールは強度、変形能が低いので、実際には細かなひび割れを生じています。このため酸化鉄そのものには防食効果はありますが、鋼材の表面を覆っているミルスケールには、恒久的な防食効果は期待できません。

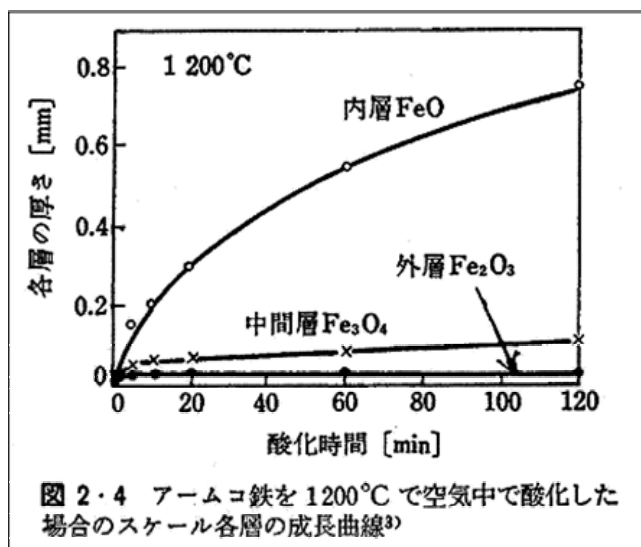
・例えばステンレスの場合、鋼板表面を Cr に酸素 (O) と水酸基 (OH) が加わった不動態皮膜 (図 5-11) が形成されて耐食性を高めています。しかし、ステンレスも熱間圧延直後は通常の鋼材と同じようにミルスケールで覆われています。酸洗等の処理によりミルスケールを除去して、通常のステンレスとなります。

表 1 化学成分の影響

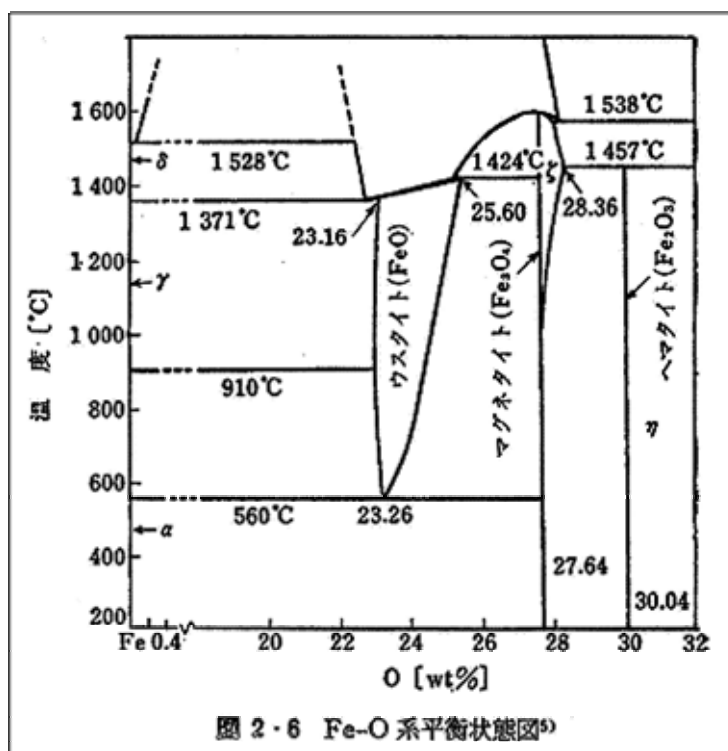
出典：新しい建築構造用鋼材（社団法人鋼材倶楽部（現：鉄鋼連盟））

表 4-1 化学成分の影響

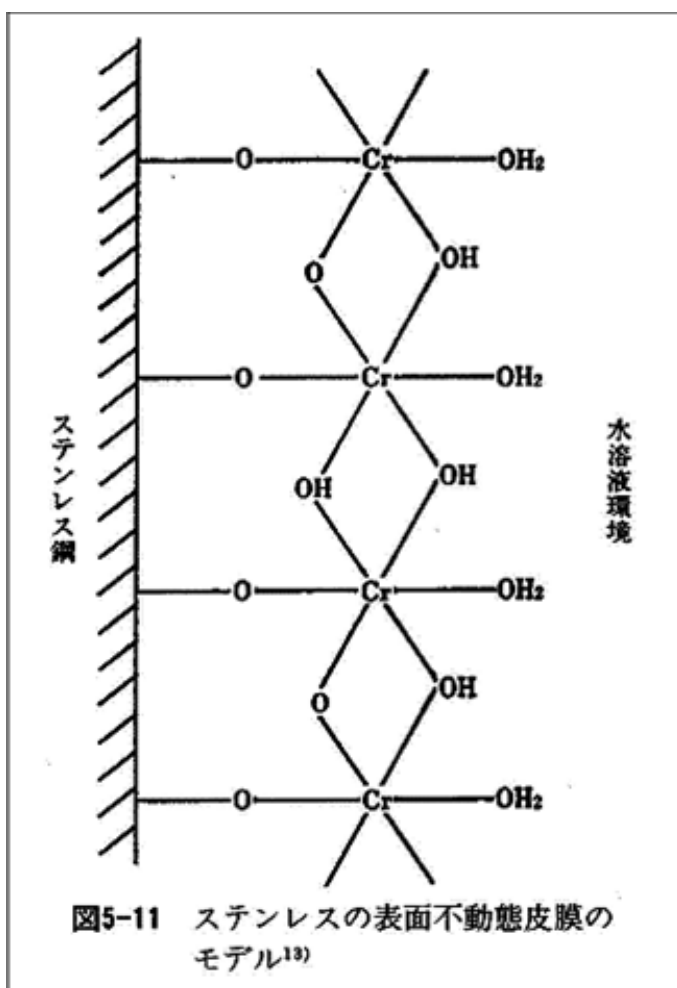
元素	利点	欠点	備考
炭素 (C)	鋼の強度を上げる	延性（伸び等）と衝撃特性を損なう 溶接性を悪くするので添加量が制限される	5 元素の一つ 鋼の最も重要な元素でかつ安価である
珪素 (Si)	鋼の強度を上げる 脱酸作用がある	多量（0.5%以上）に添加すると、衝撃特性や延性が低下する	5 元素の一つ 比較的安価である
マンガン (Mn)	鋼の強度を上げる 延性、衝撃特性を上げる 脱酸作用がある 硫黄 (S) の悪影響を抑える	多量（1.6%以上）に添加すると、衝撃特性や延性が低下する	5 元素の一つ 炭素の次に重要な元素で安価である
燐 (P)	多量（0.07%以上）の添加で鋼材の耐侯性を高める	溶接性、冷間加工性、衝撃特性を劣化させる 凝固時に偏析しやすく、偏析による悪影響が大きい	5 元素の不純物元素の一つ 普通は P は低い方が望ましいが、脱 P にはコストがかかる
硫黄 (S)	切削性を良くする （機械構造用鋼の場合）	鋼中の Mn と結びついて MnS 系の非金属介在物を形成し、鋼の清浄度を悪化させる MnS は圧延により伸びて、衝撃特性や板厚方向の絞り特性を劣化させる 二枚割れやラメラテアの原因となる。また、高層ビルボックス柱の角継手溶接部の斜角超音波検査で、MnS に起因する欠陥を検出し問題となることがある	5 元素の不純物元素の一つ 普通は S は低い方が望ましいが、脱 S にはコストがかかる Z 方向特性要求のある場合や高層ビルボックス柱の用途には、S を 0.003% 以下まで下げた鋼が用いられることが多い
銅 (Cu)	強度を高める 耐食性を高める	熱間脆性を引き起こすので、含有量を制限する必要がある 溶接金属の高温割れを引き起こす	スクラップから入る場合と積極的に添加する場合がある
ニッケル (Ni)	添加によって鋼の衝撃特性を改善する（図 4-7 参照）	高価である	低温用鋼以外では、添加するとしても少量である
クロム (Cr)	焼入れ性と強度を高める 耐食性、耐酸化性、高温強度を高める	溶接熱影響部を硬化させ、溶接低温割れを起こしやすくする	構造用鋼では、耐侯性鋼や TS570N/mm ² クラスの鋼（SM570、SA440）、高温用鋼に用いられる
モリブデン (Mo)	焼入れ性と強度を高める 高温での強度を高める効果大（図 4-8 参照）	溶接熱影響部を硬化させ、溶接低温割れを起こしやすくする	構造用鋼では、TS570N/mm ² クラスの鋼（SM570、SA440）、耐火鋼に用いられる
バナジウム (V)	焼入れ性と強度を高める	溶接熱影響部を硬化させ、溶接低温割れを起こしやすくする	構造用鋼では、TS570N/mm ² クラスの鋼（SM570、SA440）、耐火鋼に用いられる
ニオブ (Nb)	圧延時に結晶組織を微細化して強度と衝撃試験特性を高める（図 4-9 参照）	多量の添加により、溶接熱影響部を硬化させ、熱影響部の衝撃特性を悪化させる場合がある	構造用鋼では、TS490N/mm ² クラスの鋼に用いられる
チタン (Ti)	鋼中に TiN を形成して溶接熱影響部の衝撃特性を改善する	多量の添加により衝撃特性を劣化させる	
ボロン (B)	0.001% 程度の極微量で鋼の焼入れ性を高める	多量の添加により溶接割れ等を起こしやすくする	構造用鋼では、TS570N/mm ² クラス以上の鋼に用いられる場合がある
カルシウム (Ca)	鋼中の S と結びついて CaS を形成し、S 系非金属介在物を球状化する。この効果で鋼の Z 方向特性が著しく改善される		Z 方向特性要求がある場合や高層ビルボックス柱の用途に添加される場合が多い
アルミ (Al)	窒化7% (AlN) を形成し、鋼の組織を微細化して衝撃特性を高める（図 4-10 参照）	多量の添加により伸び特性を劣化させる	衝撃特性が重視される用途の鋼に添加される場合が多い
酸素 (O)		鋼中で酸化物系非金属介在物を形成する	酸化物系非金属介在物の大部分は溶鋼時に浮上分離するが残り鋼の内部欠陥になりうる
窒素 (N)	窒化7% (AlN) を形成し、鋼の組織を微細化して衝撃特性を高める	N 量が多いと衝撃特性が悪化する。特に至時効硬化による衝撃特性の劣化を大きくする	N 量は比較的低めに調整される場合が多い
水素 (H)		鋼中の欠陥あるいはその周囲に集まり、水素割れあるいは水素脆化を起こす。また溶接時には溶接低温割れを起こす	水素割れを起こさない限界まで水素を抜く必要がある（特に水冷 TMCP 鋼で重要）



出典：鉄鋼便覧（日本鉄鋼協会）



出典：鉄鋼便覧（日本鉄鋼協会）



出展：ステンレスの初歩（ステンレス協会）

質問 9 : 高 Ni 鋼材はなぜ JIS 規格にならないのでしょうか.

回答 9 : ニッケル系高耐候性鋼は各社で個別に開発、製品化が行なわれてきました。実用化されてまだ 6 年の新しい材料です。今後の適用の拡大につれて J I S 化も進むと考えています。

質問 10 : ・講義①について、製鉄過程の講義を頂きましたが高強度鋼の鉄筋も可能でしょうか？またその際の問題点及び解決への工夫点当があれば教えて頂きたい。

- ・講義③について、H 鋼フランジに突起をつけて鉄筋代替適用を考えているものがありますが、高じん性鋼での適用でしょうか？鋼材を使用することにより耐力の増分はかなり見込めるとは思いますか。橋脚部材に適用するにはエネルギー吸収率がかなり厳しいように思われますがいかがでしょうか？
- ・鋼管杭使用時に腐食代 1mm を見込めない場合、外面塗装も可能でしょうか？そうした場合通常の外装による腐食防止同等の効果は得られますか？

回答 10 : ・鉄筋の高強度化は可能ですが、使用時の加工性は悪くなります。実際には曲げると割れ易くなる等の問題が考えられます。実際の使用条件、加工条件を考えて現在の強度レベルに落ち着いてきたものです。今後、加工方法の革新が進むとこれに対応した高強度の鉄筋も実用化されていくものと思われます。

質問 11 : ・原版圧延方法において TMCP 等新しい技術があるが工場への導入期が異なる。品質のばらつき等はないのか（なかったのか）？

- ・2-2 において形鋼の外装に突起付製品があったがビルド H や I 形桁の上フランジに突起は圧延上可能なのか？適用合成桁。

回答 11 : ・T M C P 技術は実用化されてすでに 20 年以上経過しています。導入当初はご指摘のような品質のばらつきが問題になったこともありました。現在では鉄鋼各社で技術改善、新技術開発を行っており、このような問題は無くなってきています。

- ・熱間圧延で鋼板あるいは H 形鋼の表面に突起を形成することは可能です。通常は表面が平坦な圧延ロールを用いるのに対して、表面に溝を掘り込んだ（突起の反対の形状をしています）圧延ロールを用います。ただし、専用の圧延ロールを維持・管理しなければならないこと、圧延時の力のかかり方により形成出来る突起形状に限界があること、の理由により生産性が悪くあまり広まっていません。

以上