
原子力用鋼材製造のための品質保証体制の確立

Establishment of Quality System Program for the Manufacture of Nuclear Grade Steels

斎藤 達(Toru Saito)

要旨：

川崎製鉄(株)水島製鉄所は、原子力用厚鋼板および鍛鋼材の製造に対して、1977年3月ASME(米国機械学会)より品質保証認定(QSC)を取得した。認定された品質保障体制は、厚鋼板と鍛鋼材の生産管理を一つのマニュアルにうまく一体化し、またさらに品質システムの分野における新しい試みとしてコンピュータシステムを大規模に導入したものであるとして高く評価されている。品質保証活動はトップマネジメントの強い方針に裏付けされ、専門職制として新設された品質保証室を軸に展開される。

Synopsis：

A Quality System Certificate (material) has been granted to Kawasaki Steel Corp., Mizushima Works on March 11, 1977, by the American Society of Mechanical Engineers (ASME) for the manufacture of both steel plates and forgings for use in nuclear power plants. The authorized quality system program has been evaluated high because of its high level integration of both manufacturing control systems of plates and forgings, and also because of its wide utilization of computers which was a rather novel application in the field of quality system program. With the strong support of the Company's Management, the Quality System Department, a newly established organization, takes major role in quality assurance activities.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

原子力用鋼材製造のための品質保証体制の確立

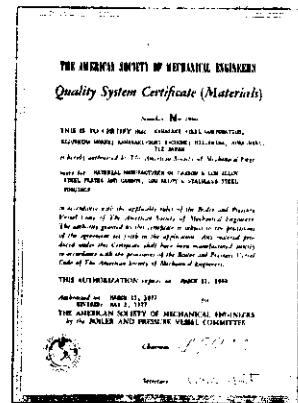
Establishment of Quality System Program
for the Manufacture of Nuclear Grade Steels

齋 藤 達*

Toru Saito

Synopsis:

A Quality System Certificate (Material) has been granted to Kawasaki Steel Corp., Mizushima Works on March 11, 1977, by the American Society of Mechanical Engineers (ASME) for the manufacture of both steel plates and forgings for use in nuclear power plants. The authorized quality system program has been evaluated high because of its high level integration of both manufacturing control systems of plates and forgings, and also because of its wide utilization of computers which was a rather novel application in the field of quality system program. With the strong support of the Company's Management, the Quality System Department, a newly established organization, takes major role in quality assurance activities.



ASME Certificate

1. 緒 言

近年、原子力発電、石油精製、化学工業などの分野で使用される圧力容器は、従来に比し一段と大型化、高性能化の傾向にある。これにともない厚肉で高品質な厚鋼板や鍛鋼材が要望されるとともに、材料製造に対する厳重な品質保証体制の確立、維持が要求されてきた。

当社水島製鉄所では、これらの情勢に対処するため昭和44年から46年にかけて、100t取鍋精錬炉¹⁾(LRF: Ladle Refining Furnace)、大型鋼塊鍛錬用6000tプレス(Photo. 1参照)、極厚鋼板処理工場²⁾などを新設し、極厚鋼板と鍛鍛鋼材の専

門工場が本格的操業を開始して需要家の要望に添えてきた。またさらに、最近の超広幅厚鋼板の要求を満たすべく、昭和51年に最大製品幅5300mm、最大製品単重31.5tの圧延能力を有する最新鋭の第2厚板工場³⁾を設置し、営業運転を開始した(Photo. 2参照)。

また、製造技術の開発研究も大型設備の設置と並行して進められ、特に原子力用を含む圧力容器用極厚鋼板と鍛鋼材については、LD転炉-LRFプロセスにより溶製された鋼塊を使用し、不純物の極めて少ない、高靱性で清浄な鋼材を製造する技術を確立してきた⁴⁻⁷⁾。

一方、原子力用鋼材の製造にあたっては、これらの製造技術の確立に加え、その使用条件から高

* 水島製鉄所品質保証室室長
〔昭和52年9月30日原稿受付〕

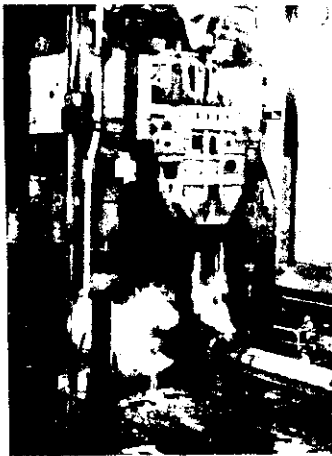


Photo. 1 6000t free forging press in Mizushima Works

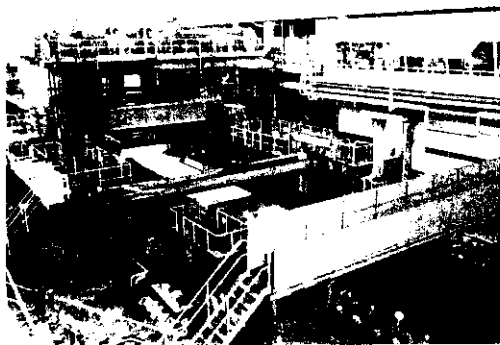


Photo. 2 The No. 2 plate mill in Mizushima Works

度の安全性が不可欠であり、完璧な品質保証体制を確立しなければならない。当社は、昭和 46 年より原子力用鋼材製造のための品質保証体制の確立に鋭意努めてきたが、昭和 48 年 ASME Code に材料製造者に対する品質システム認定書(QSC : Quality System Certificate ; Materials)に関する事項が制定されたことにより、昭和 51 年来この認定に必要な体制の確立に努め、翌 52 年 1 月審査を受け、3 月正式に ASME の認定を得た。

以下にこの受審を機に整備確立した当所の品質保証体制の概要とその特徴をまとめて紹介する。

2. ASME QSC 取得の意義

ASME Code は米国機械学会(American Society of Mechanical Engineers)が 1911 年から、ボ

イラーおよび圧力容器の安全を目的として、それらの設計、製造、検査、運転等について定めている膨大な基準で、半年に一度定期的な見直しが行われている。

原子力用材料関係の規定は 1963 年から定められており、1968 年からはこのなかに品質保証に関する規定が加えられた。これは最終の試験検査のみでなく、途中の工程においてもミスをなくさなければ、製品品質の真の保証ができないという考え方に基づいている。

さらに 1973 年からは原子力用材料製造者に対し、ASME が審査認定し QSC を与える制度が設けられた。この材料製造者に対する品質保証の要求事項は ASME Code Sec. III NCA-3800 に規定されている。

QSC の取得は、単に ASME Code を法律として採用している米国およびカナダへの原子力用材料の直接または間接の輸出のみならず、内外販路拡大のうえでも重要な布石と見なされるようになっている。

また、この認定の取得により、従来のようにファブリケーターごとに個別認定を得なくても原子力用材料の受注、製造が可能となる。

3. 原子力用材料の品質保証体制について

3-1 QS マニュアル

NCA-3800 は、当社のような材料製造者に対して適用されるすべての ASME Code の要求事項に完全に合致した品質保証体制を確立し、この体制の要点を具体的に品質保証(QS : Quality System)マニュアルとして文書化し、維持することを義務づけている。したがって、材料製造者の品質保証活動は、その基盤となる QS マニュアルに完全に従わなければならない。この QS マニュアルは、ASME あるいは需要家の審査チームが材料製造者を審査する場合の手引となるもので、審査員が理解できる内容でなくてはならない。しかし技術的な標準類は必ずしもそのなかに含まれていることを要しない。また、英文版を正とすることが要請されるが、社内での運用を容易にするための和文版は、英文版を忠実に翻訳したものでなければ

ならない。

さらに、この QS マニュアルは、QSC を取得すると ASME に登録されるので、変更する場合には事前に ASME による審査・承認を得なければならない。

当社の QS マニュアルは、Table 1 に示すとおり 16 の章から構成されており、所長の方針に基づき担当副所長により承認されている。このマニュアル作成にあたり当社が最も苦心した点は、受注から出荷までをカバーするコンピュータシステムを全面的に品質保証体制に取込むことと、管理手段が異なる厚鋼板と鍛鋼材の品質保証に対する基本的な考え方を統一し、一つのマニュアルとすることであった。

Table 1 Contents of Mizushima Works quality system manual

Chap. 1	Organization and training
2	Control of quality system manual
3	Document control
4	Control of purchased materials and services
5	Identification and marking of material
6	Control of manufacturing process
7	Examination control
8	Test control
9	Control of measuring and testing equipment
10	Examination and test status
11	Control of nonconforming material
12	Corrective action
13	Handling, storage, shipping and preservation
14	Quality system records
15	Internal audits
16	Translation control

3・2 組織およびその責任と権限

品質保証組織およびその責任と権限について、NCA-3800 が材料製造者に要求していることは、組織とそのなかの個人の責任と権限を具体的かつ明確に規定しておくことに加え、品質保証体制の責任部署が十分な権限を持ち、生産部門から独立してトップに直属し、品質保証体制の活動状況を定期的にトップに報告することなどである。当所は、この ASME の要求をより明確な形で満足させるために、厚鋼板と鍛鋼材に対する品質保証体制に

必要な機能を集約一本化し、新たに品質保証室を所長の下に設置した。

この品質保証室に与えられている責任と権限は次のとおりである。

- (1) 品質保証体制を確立し、これを QS マニュアルとして文書化し、担当副所長および ASME の承認を受け、この体制を確実に実行させるように監視する。
- (2) 外注業者を審査・認定する。
- (3) 社内および外注業者に対する監査、仕様書・標準書・品質記録の査閲、必要な作業の監視などを実施し、品質保証活動の実施状況を評価し、問題点を抽出する。
- (4) 抽出された問題点を解決するために適切な指示を与える。
- (5) 問題解決のための方策が適切に実施されたことを確認する。
- (6) 材料が品質保証体制に従って製造されたことを確認し、材料証明書 (CMTR: Certified Material Test Report) を発行する。
- (7) 不具合品の処置を承認する。

当所の品質保証に関する組織は Fig. 1 のとおりである。

3・3 材料の識別

工程中の異材混入を防止し、材料の履歴を明確にすることは、材料製造者に対する NCA-3800 の最も重要な要求事項の一つであり、この点に関する ASME の審査も厳しい。

当所における厚鋼板の生産管理体制には大規模なコンピュータシステムが導入されており、識別のための情報はすべてコンピュータを介して各作業場所に伝達され、関係帳票に打ち出される (Fig. 2 参照)。またさらに、均熱炉やバッチ式加熱炉内の材料の識別は、炉内材料配置図を用いることにより完全に維持される。したがって、材料に直接識別番号が表示されるのは分塊圧延後と厚板圧延後で、それぞれスラブ番号または板番がペイントあるいは刻印表示される。さらにこの表示作業のミスを防止するために、品質保証あるいは品質管理部門が作業に立会う。

当所第 2 厚板工場は、特にコンピュータ群による高度な全ライン自動運転システムを採用してい

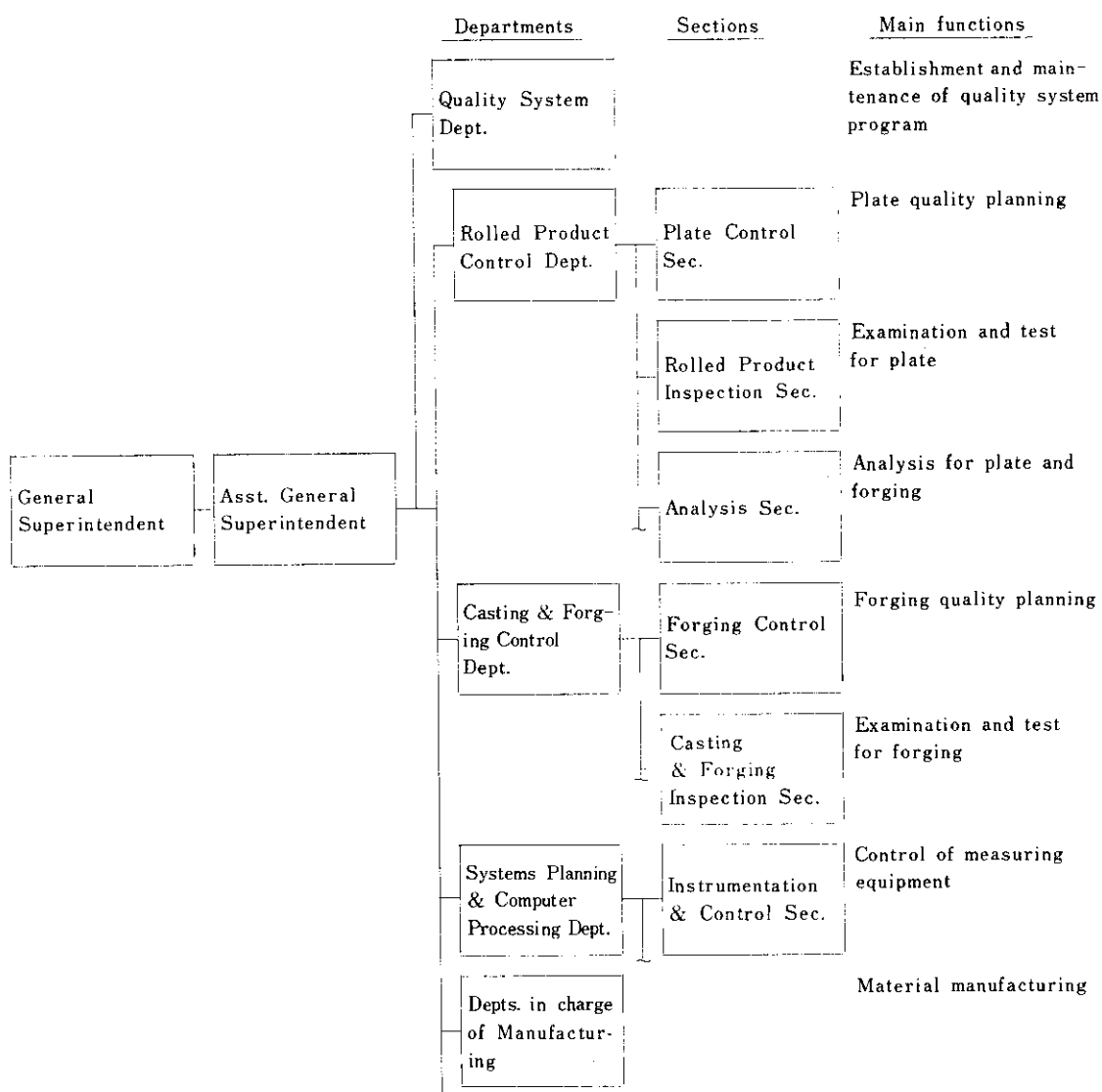


Fig. 1 Quality system organization in Mizushima Works

るため、工場内における材料の位置を含め、識別のための情報はすべてコンピュータにより処理され、厚板圧延後の識別番号は自動的に現品に打刻あるいはペイント表示される。このようにコンピュータシステムを利用した材料の識別は、人によるミスを防ぐための一つの究極の方策と考えられよう。

一方、鍛鋼材に対しては、製品ごとに発行されるプロセスシート（Fig. 3 参照）と材料とが、製鋼から出荷までのすべてのプロセスにおいて照合できるように、ヒート番号または鍛鋼製品番号が

材料にペイントあるいは刻印表示される。また熱間加工中の材料の識別は、加熱炉内の材料配置図などにより追跡できる。さらに識別番号の移し替えを含むすべての表示作業には、検査部門その他の要員が立会う。

3・4 製造プロセスの管理

事前にチェックされ承認された文書に従って、受注から出荷までのすべての工程が正しく実施されたこと、および適切な工程段階の試験・検査によって、所定の品質目標が達成されていることを

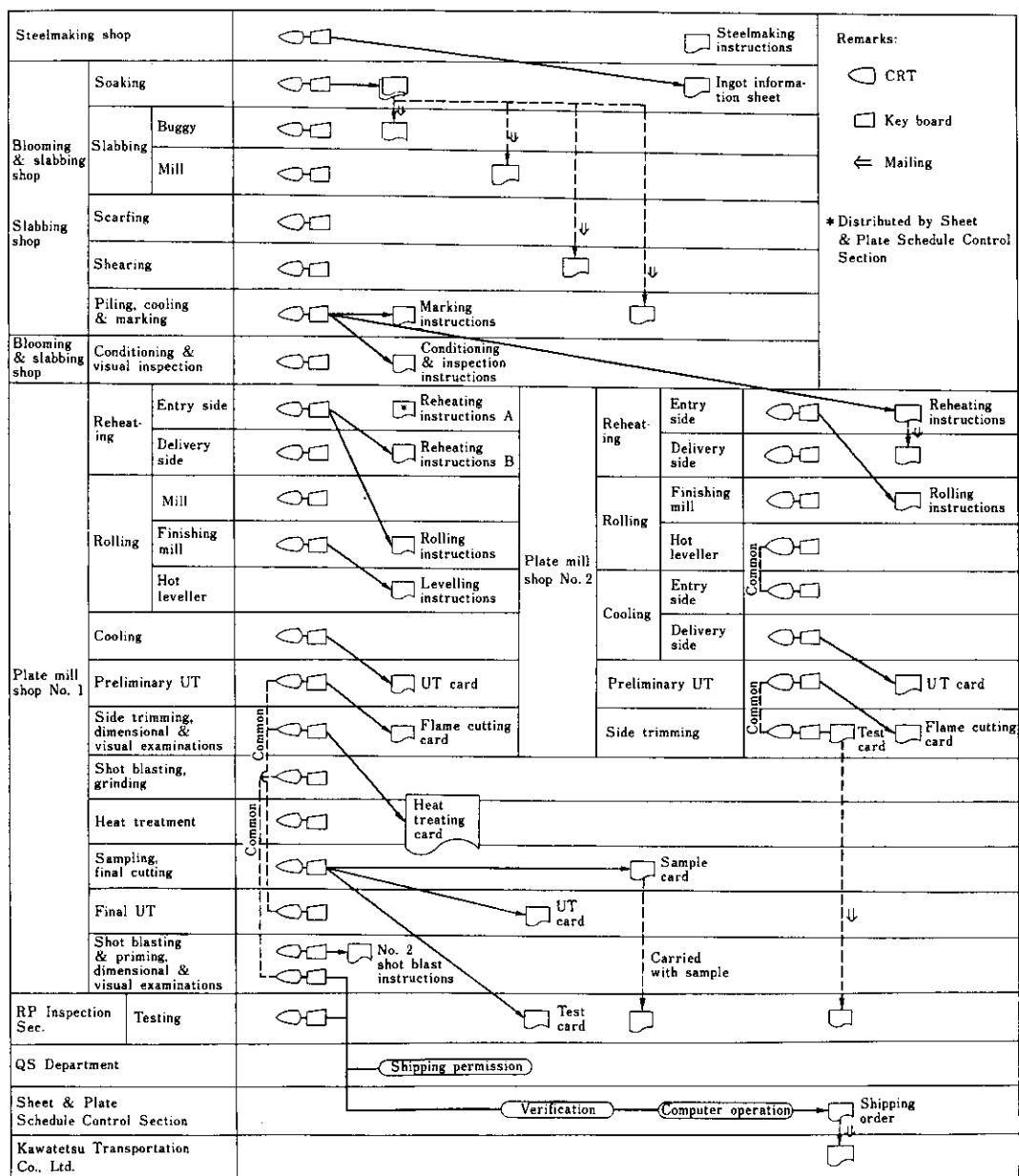


Fig. 2 Computerized information flow for plate manufacture

確認する管理システムの確立がNCA-3800に要求されている。

Fig. 2 および Fig. 4 は、それぞれ厚鋼板に対する材料仕様とコンピュータ化された情報のフローを示したものである。この総合的なコンピュータシステムによる製造プロセス管理の特徴は次のとおりである。

(1) 製造工程管理の目的で使われるコンピュー

タプログラムを新規作成あるいは改訂する場合は、必ず品質管理部門あるいは要求部門が、目的機能の果たされるプログラムであることをテストランにより確認してから実際の作業に導入する。

(2) 受注時に需要家の承認を得た材料仕様・製造・検査の必要工程・順序・従うべき仕様書番号など、コンピュータにインプットしたすべての情報は、チェック用にプリントアウトされる帳票によ

Form No. 604

PROCESS SHEET							Page /	Forging No.				
#1	#2	Process	#3	#4	#5	#6	#7 *1 *2	#8 1 *1 2 *2				
#1 Additional instructions #2 Process No. #3 Section in charge #4 Specification, instructions and procedure #5 Witness #6 Signature (responsible operator) #7 Destination *1 Information *2 Record #8 Physical test *1 Each *2 Group #9 Inspector or responsible operator #10 QS Dept. *1 Review after examination after forging *2 Review after physical test *3 Approval for shipping #11 Verification of transportation *1 Electric furnace shop, forging shop *2 Heat treatment shop, machining shop or subcontractor *3 Machining shop, heat treatment shop *4 Subcontractor, machining shop *5 Machining shop, subcontractor *X1 Received by *X2 Sent by #12 Revision of process sheet *1 Reason for revision *2 F Control Sec. *3 QS Dept. +1 Manager +2 Asst. Manager +3 Person in charge +4 Reviewed by #13 Disposition of nonconforming material *1 Date *2 Process No. *3 Reported by *4 QS Dept. *X1 NCM control sheet No. *X2 Review of disposition #14 Material specification #15 Specified surface condition #16 Weight of completed material #17 Numbers #18 Applicable rule #19 Weight of forging #20 Weight of required portion of ingot #21 Weight of ingot #22 Required portion of ingot (B No.) #23 Ingot mold #24 Signature (responsible operator of Electric Furnace Sec.) #25 Teeming completion time							#9	#10	#11	LP specification No. NC- Rev. F Control Sec. QS Dept. +1 +2 +3 +4		
							#12	#13	#14	#15	#16	#17
							Customer Contract No. & code Project No. Description					
							#14 #15 #16 #17 #18 #19 #20 #21 #22 #23 Charge index No. #24 #25 Heat No., Ingot code					

Fig. 3 Process sheet for control of forging manufacturing processes

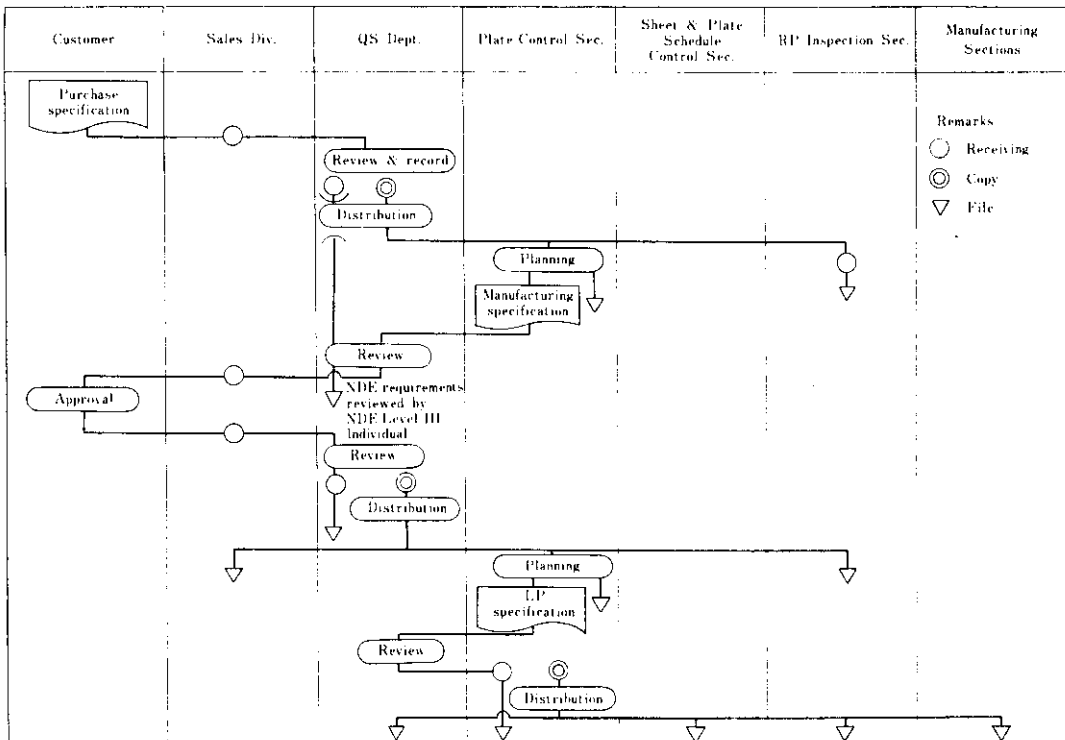


Fig. 4 Control of material specifications for plates

り、製造開始前に品質管理部門でモニタされ、当初の設計どおりの情報がストアされていることが確認される。ストアされたこれらの情報は、必要な作業場所に CRT あるいはタイプアウトされた指示書の形で作業者に伝達される。作業者はこの情報により、操業中の材料の識別、製造上の指示、次工程などを知ることができる。

(3) 前工程の合格情報がコンピュータにインプットされない限り、次工程には作業指示がアウトプットされない。したがって、試験、検査を含むすべての製造プロセスは確実に当初の品質設計どおり行われる。

一方、鍛鋼材に対する材料仕様と指示書のフローは Fig. 5 に示すとおりである。試験・検査を含むすべての製造工程は、製品ごとに発行されるプロセスシート (Fig. 3 参照) により管理される。プロセスシートのもつ主な機能は次のとおりである。

- (1) 鍛鋼製品番号の明示
- (2) 製造と検査工程の順序の明示
- (3) 各工程で従うべき仕様書、指示書および標準書の明示
- (4) 製造作業、試験・検査の進行状態の明示
- (5) 不具合材料の識別
- (6) 品質保証室に提出すべき記録書の明示

このように、プロセスシートを使用することにより鍛鋼材の製造工程は一元的に管理され、計画どおりの製造・試験・検査工程の実施が保証される。

3・5 資格認定

NCA-3800 では、材料製造者が非破壊試験(NDE)、溶接、熱処理などの担当者を資格認定することを義務づけている。特にすべての NDE 担当者は、ASNT (米国非破壊試験協会) の Recommended Practice No. SNT-TC-1A (1975年版) に従って認定されることを義務づけている。

当所は、この要求に完全に従った「NDE 担当者資格認定規程」を制定し、NDE レベル III 担当者を含めすべてのレベルの担当者を試験により認定している。この認定制度におけるレベル III 担当者の性格は、組織や職位とは無関係に個人的な知識

と能力によって認定された存在であり、レベル III 担当者は NDE 技術について、検査担当課長は担当課のマネージメントについてそれぞれの責任と権限を有する。

また NDE 以外の担当者についても資格認定制度を確立している。その対象は、監査責任者 (lead auditor)、品質設計担当者、熱処理作業従事者(試験片熱処理も含む)、NDE 以外の検査作業従事者および分析作業従事者である。これらの担当者は、認定のための基準、すなわち所定の経験、教育コースの履習、試験成績などにより、それぞれの所属長から認定され、認定記録簿が維持されている。

3・6 試験・検査の管理

NCA-3800 では、すべての試験・検査に関する活動は、製造部門から独立した組織に属する担当者によって行われるべきことが要請されている。すなわち自主検査の否定である。当所におけるこれらの担当者は検査部門に属し、前項で述べたように資格認定され、最新の文書に従って試験検査・品質評価を行っている。

さらに、NCA-3800 では、すべての試験検査の status (進行状態) がわかるようになっていることが要求される。当所の厚鋼板の場合、試験検査の status は、必要な試験検査のステップおよび合格情報がコンピュータにインプットされ、必要な作業場所に作業指示がアウトプットされることにより作業者に明示される。一方、鍛鋼材の場合には製品ごとに発行されるプロセスシートに必要な試験検査のステップとその進行状態が記録され、さらに試験検査に合格した材料には所定のラベルが貼付される。

また、品質保証室には製造工程中の重要な製造結果と試験検査の記録が報告され、ASME Code、需要家仕様書、QS マニュアルなどの要求事項と比較チェックされる。これらのチェック結果に基づき、品質保証室は製造工程の定められた段階で次工程への進行、出荷を許可し、さらに CMTR の発行を行っている。

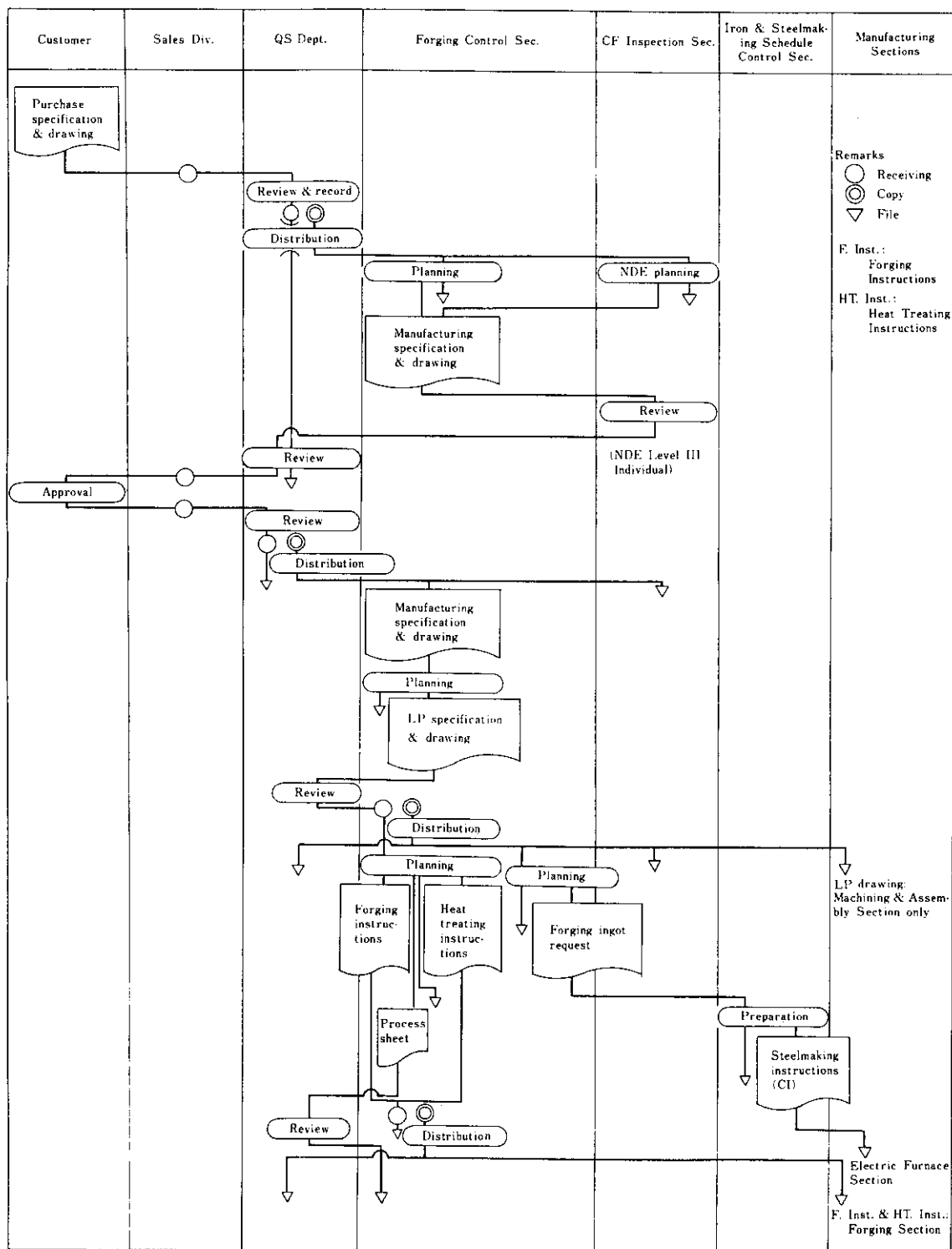


Fig. 5 Control of material specifications and instructions for forgings

3・7 不具合品の管理と是正措置

NCA-3800では、不具合品を明確に隔離識別して誤用を避ける手段を確立し、その処置方法に関する責任権限を明確にすることが要求されている。

当所における発生不具合品は、発見部署から発行される帳票によって管理され、すべての処置は品質保証室長の承認を必要としている。さらに、発生した不具合品には所定のラベルを貼付し、これを特定の場所に隔離する方式を採用している。

また、品質水準達成の障害となる問題は、必ず必要なレベルの管理者に報告し、その原因を究明し、是正措置をとることがNCA-3800に要求されている。当所においては、品質保証室長が是正の要ありと判断した事項については是正の指示が関係部課に出され、さらにその結果が同室長に報告される。

3・8 内部監査

品質保証体制がQSマニュアルに忠実に従って運営されていることを保証するために、NCA-3800はシステムに関連する部署をすべて監査する体制の確立を要求している。

当所の品質保証室は、チェックリストに従い予告なしで関係部門の監査を行い、不適合項目については是正の指示およびその是正状況のフォローアップを行っている。監査の結果は集約されて品質保証室により担当副所長に報告される。

一方、当所の所長は監査チームを指名し、品質保証室の活動状況を定期的に監査させ、この結果に基づいて品質保証活動が有効に実行されているかどうかの評価を行っている。

3・9 その他の管理体制

以上述べた体制に加えて、文書管理、外注管理、計測・試験機器の管理、品質保証記録の管理などの体制もNCA-3800の要求に従って以下のように整備されている。

仕様書、指示書、図面および各種標準類など品質に影響を及ぼす文書の作成・査閲・承認・配布・保管および旧版文書の回収・廃棄を管理する手段と責任者が定められており、すべての活動が最新の文書に従って実施される。

また、機械加工や運搬などの外注作業は、あらかじめ品質保証室が審査し認定した業者に発注される。品質保証室は認定した外注業者に対して年2回の監査を行い、外注業者の品質保証体制が、ASMEおよび当所品質システムの要求どおり維持されていることを確認し、必要な場合には是正を要求し、さらにこの結果をフォローする。また、発注に対する外注仕様書の管理、受入時の検査手順も確立されている。

試験・検査・熱処理時に使用される計測・試験機器は、計測課または検査担当課により管理され、許容された精度を維持した機器のみを使用することを保証する作業方法が定められている。

一方、製造・試験・検査の記録、計測・試験機器の校正記録、不具合品の記録、資格認定記録、CMTRなどの品質保証記録は、それぞれ定められた部門で最高10年を限度として保管される。

4. 結 言

ASMEからQSCを取得した、当所の原子力用鋼材製造のための品質保証体制の概要とその特徴について述べた。当社は昭和46年より全社的に品質保証体制の確立に努め、各ファブリケータの認定を受けてきたが、今回ASMEのQSCを取得する段階で、従来に比較して強化、改善した点を要約すると以下のとおりである。

- (1) 基本方針、QSマニュアルの承認、監査などを通じてトップマネジメントの品質保証システムに対するより深い関与と支持を得た。
- (2) 品質保証の専門組織として品質保証室を設置した。
- (3) トップマネジメントの意志とASMEの要請を実行するためのQSマニュアルを作成した。
- (4) QSマニュアルを中心とする所長以下作業員に至るまでの徹底した教育を行った。
- (5) 文書管理体系・様式の再整理を行った。
- (6) コンピュータと人間の接点を厳密にチェックし、コンピュータを使用して行われる管理体制を品質保証の観点からも問題のないシステムにした。
- (7) NDE担当者をSNT-TC-1Aに基づいて試験認定した。
- (8) 材料に対する識別表示作業はコンピュータに

より行われる場合をのぞき、ミス防止のため第三者が立会う。

(9) 品質保証室は、仕様書類、標準書類および各種の記録が、ASME Code, QS マニュアル、需要家要求に合致していることをチェックする。

(10) 特に重要な製造工程に対しては、品質保証室が進行の許可を与える。

(11) 不具合品に対する処置は、品質保証室が最終責任をもつ。

以上のようなシステムは、ASME の品質保証の真のねらいであるミスの生じない品質保証体制の意図に沿ったものであり、当社はこれにより信頼性のある原子力用鋼材を需要家に供給できると信じている。また、このシステムの基本的な思想は、単に原子力材のみならず一般材の品質保証水準の向上のためにも応用していくべきものと考えている。

参 考 文 献

- 1) 西岡, 江本: 鉄と鋼, 60 (1974) 12, 79
- 2) 江本, 宮田, 高橋, 鈴木, 関根: 川崎製鉄技報, 6 (1974) 2, 152
- 3) 柳沢, 三芳: 川崎製鉄技報, 8 (1976) 3, 54
- 4) 楠原, 吉村, 荻野, 榎並, 船越, 林: 川崎製鉄技報, 6 (1974) 2, 44
- 5) 広, 西山, 坪井, 岡部, 森: 川崎製鉄技報, 6 (1974) 2, 69
- 6) 灘, 堀内, 和中, 松居, 早川: 川崎製鉄技報, 8 (1976) 1, 15
- 7) 薄田, 佐藤, 高野, 上林, 吉田: 三菱重工技報, 13 (1976) 1, 10