(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3716684号
(P3716684)

(45)発行日　平成17年11月16日(2005.11.16)　(24)登録日　平成17年9月9日(2005.9.9)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
C22C 38/00	C22C 38/00	302Z
C22C 38/48	C22C 38/48	
C22C 38/50	C22C 38/50	

請求項の数 4　(全 37 頁)

(21)出願番号　特願平11-271798
(22)出願日　平成11年9月27日(1999.9.27)
(65)公開番号　特開2001-98349(P2001-98349A)
(43)公開日　平成13年4月10日(2001.4.10)
審査請求日　平成15年2月26日(2003.2.26)

前置審査

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　100074631
弁理士　高田　幸彦
(72)発明者　新井　将彦
茨城県日立市大みか町七丁目１番１号
株式会社　日立製作所　日立研究所内
(72)発明者　中村　重義
茨城県日立市大みか町七丁目１番１号
株式会社　日立製作所　日立研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】高強度マルテンサイト鋼

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

重量で、Ｃ０．１５～０．４０％、Ｓｉ０．５％以下、Ｍｎ１．５％以下、Ｎｉ２～３．５％、Ｃｒ８～１３％、Ｍｏ１．５％～４％、Ｎｂ及びＴａの１種又は２種を合計で０．０２～０．３％、Ｖ０．０５～０．３５％及びＮ０．０４～０．１５％を含み、残部が不可避的不純物及びＦｅからなり、２０℃Ｖノッチ衝撃値が５．６ｋｇ・ｍ／ｃｍ^{2}以上及び２０℃引張強さが１４０ｋｇ／ｍｍ^{2}以上を有することを特徴とする高強度マルテンサイト鋼。

【請求項２】

請求項１において、前記Ｃ量とＭｏ量とを整数目盛で表示し、Ａ点（Ｃ０．２１％、Ｍｏ１．５％）、Ｂ点（Ｃ０．１５％、Ｍｏ２．５％）、Ｃ点（Ｃ０．１５％、Ｍｏ３．２％）、Ｄ点（Ｃ０．２５％、Ｍｏ４．０％）、Ｈ点（Ｃ０．４％、Ｍｏ４．０％）、Ｉ点（Ｃ０．４％、Ｍｏ１．５％）及び前記Ａ点の各点を結ぶ範囲内にあることを特徴とする高強度マルテンサイト鋼。

【請求項３】

請求項１又は２において、重量でＷ２％以下を含むことを特徴とする高強度マルテンサイト鋼。

【請求項４】

請求項１～３のいずれかにおいて、Ｔｉ、Ｚｒ及びＨｆの１種又は２種以上を合計で０.５重量％以下含むことを特徴とする高強度マルテンサイト鋼。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は新規なマルテンサイト鋼に係り、特に低圧蒸気タービンの最終段動翼に用いられる１２％Ｃｒ系鋼に関する。
【０００２】
【従来の技術】
現在、蒸気タービン用動翼には１２Ｃｒ－Ｍｏ－Ｎｉ－Ｖ－Ｎ鋼が使用されている。近年、省エネルギーの観点からガスタービンの熱効率の向上が、省スペースの観点から機器のコンパクト化が望まれている。
【０００３】
熱効率の向上及び機器のコンパクト化には蒸気タービン翼の長翼化が有効な手段である。そのために低圧蒸気タービン最終段の翼長は年々上昇の傾向にある。これに伴って、蒸気タービンの翼の使用条件も厳しくなり、これまでの１２Ｃｒ－Ｍｏ－Ｎｉ－Ｖ－Ｎ鋼では強度不足で、より強度の高い材料が必要である。長翼材の強度としては、機械的特性の基本である、引張強さが要求される。
【０００４】
また、破壊に対する安全性確保の観点から、高強度で高靭性が要求される。
【０００５】
引張強さが従来の１２Ｃｒ－Ｍｏ－Ｎｉ－Ｖ－Ｎ鋼（マルテンサイト系鋼）より高い構造材料として、Ｎｉ基合金及びＣｏ基合金が一般に知られているが、熱間加工性，切削性及び振動減衰特性が劣るので、翼材としては望ましくない。
【０００６】
また、低圧蒸気タービン用最終段動翼材として１２Ｃｒ系マルテンサイト鋼からなること、それを用いた低圧蒸気タービン及び蒸気タービン発電プラントはＷＯ９７／３０２７２号公報に開示されている。更に、３０００rpm，４８インチ低圧タービン翼として１７－４ＰＨ鋼が三菱重工技報、Ｖol.３５，Ｎo.１　（１９９８－１）に開示されている。
【０００７】
更に、蒸気タービン翼材として特開昭57－120655号公報，特開昭60－224765号公報及び特開平2－101143 号公報がある。
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
しかし、前者のＷＯ公報には低圧蒸気タービンの最終段動翼として、回転数　３０００rpm に対し翼部長さ４３インチ，３６００rpm に対し３５.８ インチ翼について示されているが、それ以上の翼部長さに対しては具体的に開示されていないし、その翼形状及び低圧蒸気タービンの大きさについても開示されていない。
【０００９】
更に、後者の公報にはより長翼化への対応及び強度と靭性について開示されていないし、翼材料についても異なるものである。
【００１０】
本発明の目的は、翼部長さとして３０００rpm に対して４８インチ以上又は３６００rpm に対して４０インチ以上を達成することができるより高強度で高靭性を有するマルテンサイト鋼を提供するにある。
【００１１】
【課題を解決するための手段】
本発明に係る蒸気タービン翼として、翼部長さが３０００rpm に対して４５インチ以上又は３６００rpm に対して３７.５ インチ以上に好適であり、２０℃Ｖノッチ衝撃値が５.６kg・ｍ／cm^2 以上及び２０℃引張強さが１４０kg／mm^2 以上、好ましくは１５０kg／mm^2 以上、より好ましくは１５２kg／mm^2 以上を有する以下に示すマルテンサイト鋼からなること、後者の引張強さに対しては各々５kg・ｍ／cm^2 以上及び６kg・ｍ／cm^2 以上が

好ましい。

【００１２】

本発明は、前述と同様に２０℃Ｖノッチ衝撃値（kg・ｍ／cm^2）（ｙ)が２０℃引張強さ(kg／mm^2)(ｘ)より、ｙ＝－０.４４ｘ＋６８、好ましくはｙ＝－0.44ｘ＋７１、より好ましくはｙ＝－０.４４ｘ＋７３ の式によって求められる値以上を有する以下に示すマルテンサイト鋼が望ましい。

【００１３】

前記蒸気タービン翼は重量で、Ｃ０．１５～０．４０%，Ｓｉ０．５%以下，Ｍｎ１．５%以下，Ｎｉ２～３．５%，Ｃｒ８～１３%，Ｍｏ１．５～４%，Ｎｂ及びＴａを１種又は２種を合計で０．０２～０．３%，Ｖ０．０５～０．３５%及びＮ０．０４～０．１５%を含み、残部が不可避的不純物及びＦｅからなり、２０℃Ｖノッチ衝撃値が５．６ｋｇ・ｍ／ｃｍ^2 以上及び２０℃引張強さが１４０ｋｇ／ｍｍ^2 以上であるマルテンサイト鋼よりなるものである。

【００１４】

本発明は、重量で、Ｃ０．１５～０．４０%，Ｓｉ０．５%以下，Ｍｎ１．５%以下，Ｎｉ２～３．５%，Ｃｒ８～１３%，Ｍｏ２．１～４%，Ｎｂ及びＴａを１種又は２種を合計で０．０２～０．３%，Ｖ０．０５～０．３５%及びＮ０．０４～０．１５%を含み、残部が不可避的不純物及びＦｅからなり、２０℃Ｖノッチ衝撃値が５．６kg・ｍ／ｃｍ^2 以上及び２０℃引張強さが１４０kg／ｍｍ^2 以上であるマルテンサイト鋼よりなるものである。

【００１５】

上述のマルテンサイト鋼は重量で、前述の組成のうちＣ０.３１～０.４０%及びＭｏ１.５～４.０%を含むことが好ましい。

【００１６】

本発明は、蒸気タービン翼として翼部長さが、３０００ｒｐｍに対し４５インチ以上又は３６００ｒｐｍに対し３７．５インチ以上に好適であり、重量で、Ｃ０．３１～０．４０%、Ｓｉ０．５%以下、Ｍｎ１．５%以下、Ｎｉ２～３．５%、Ｃｒ８～１３%、Ｍｏ１．５～４．０%、Ｎｂ及びＴａを１種又は２種を合計で０．０２～０．３%、Ｖ０．０５～０．３５%及びＮ０．０４～０．１５%を含み、残部が実質的にＦｅであるマルテンサイト鋼が好ましい。

【００１７】

本発明は、前述と同様に、翼部長さが、３０００rpmに対し４５インチ以上又は3600rpmに対し３７.５ インチ以上に好適であり、重量で、Ｃ０.１５～０.４０%、Ｓｉ０.５%以下、Ｍｎ１.５%以下、Ｎｉ２～３.５%、Ｃｒ８～１３%、Ｍｏ１.５～４%、Ｎｂ及びＴａの１種又は２種を合計で０.０２～０.３%、Ｖ０.０５～０.３５%及びＮ０.０４～０.１５%を含み、かつ、Ｃ量及びＭｏ量とを整数目盛で表示し、Ａ点(Ｃ０.２１%、Ｍｏ１.５%)、Ｂ点(Ｃ０.１５%、Ｍｏ２.５%)、Ｃ点(Ｃ０.１５%、Ｍｏ３.２%)、Ｄ点(Ｃ０.２５%、Ｍｏ４.０%)、Ｈ点（Ｃ０.４%、Ｍｏ４.０%）、Ｉ点（Ｃ０.４%、Ｍｏ１.５%）及び前記Ａ点の各点を結ぶ範囲内にあるマルテンサイト鋼又は残部が実質的にＦｅであるマルテンサイト鋼よりなることを特徴とする蒸気タービン翼にある。更に、好ましくは、（Ｃ量、Ｍｏ量）が(０.３%、１.９%)をＥ点、（０.２１%，２.４%）をＦ点、（０.２５%，３.９%）をＧ点とした時に、Ｅ点とＦ点を結んだ線及びＥ点の延長線上、Ｆ点とＧ点を結んだ線よりもＣ量が上部にある範囲である。

【００１８】

本発明は、高圧タービン，中圧タービン及び１台又は２台の低圧タービンをタンデム又はクロスに結合した蒸気タービン発電プラントにおいて、前記低圧タービンはその最終段翼が前述のいずれかに記載のマルテンサイト鋼よりなる蒸気タービン翼からなることが好ましい。

【００１９】

本発明は、高圧タービンと低圧タービンと発電機及び中圧タービンと低圧タービンと発電

機とをタンデムに結合した蒸気タービン発電プラントにおいて、前記低圧タービンはその最終段翼が前述のいずれかに記載のマルテンサイト鋼よりなる蒸気タービン翼からなることが好ましい。

【００２０】

本発明は、ロータシャフトと、該ロータシャフトに植設された動翼と、該動翼への水蒸気の流入を案内する静翼及び該静翼を保持するケーシングを有する低圧蒸気タービンにおいて、前記動翼の最終段が前述のいずれかに記載のマルテンサイト鋼からなる蒸気タービン翼からなることが好ましい。

【００２１】

回転数が３０００rpm又は３６００rpmである低圧蒸気タービンにおいて、前記動翼は左右対称に各５段以上有し、前記ロータシャフト中心部に初段が植設された複流構造であり、前記最終段動翼が前述のいずれかに記載の蒸気タービン翼からなることが好ましい。

【００２２】

前記ロータシャフトは、該ロータシャフト内中心部の室温の０.０２％ 耐力が８０kg／mm^2 以上，０.２％耐力が８７.５kg／mm^2 以上又は引張強さが９２kg／mm^2 以上及びＦＡＴＴが－５℃以下又は２０℃Ｖノッチ衝撃値が１０kg・m以上であるベーナイト鋼よりなることが好ましい。

【００２３】

前記ベーナイト鋼は、重量で、Ｃ０.２０～０.２８％，Ｓｉ０.１５％以下，Ｍｎ０.２５％以下，Ｎｉ３.２５～４.２５％，Ｃｒ１.６～２.５％，Ｍｏ0.25 ～０.６０％ 及びＶ０.０５～０.２０％を含む鍛鋼よりなるのが好ましい。

【００２４】

本発明に係る蒸気タービン翼材として、３０００rpm に対して４６″又は3600rpm に対して３８.５″に要求される２０℃引張強さは１４７kg／mm^{2}以上及び０.０２％ 耐力は１０１kg／mm^2 を有するものが好ましい。

【００２５】

本発明に係る蒸気タービン翼は翼部の幅方向の傾きが植込み部近傍が回転軸の軸方向に対してほぼ平行であり、翼部先端が前記軸方向に対して好ましくは６５～８５度傾いており、より７０～８０度が好ましい。

【００２６】

本発明に係る蒸気タービン翼は、翼部長さが３０００rpm に対し４５インチ以上又は３６００rpmに対し３７.５インチ以上であり、植込み部が４５インチ以上に対し９本以上及び３７.５ インチ以上に対し７本以上であるフォーク型又は４段以上の突起を有する逆クリスマスツリー型であることが好ましい。

【００２７】

本発明に係る翼は、前記翼部先端の幅に対する植込み部幅が２.１～２.５倍であることが好ましい。

【００２８】

本発明に係る翼は、前記翼部先端部のリーデング側にエロージョン防止シールド部が設けられ、植込み部がフォーク型で、ロータシャフトへの固定用ピン挿入孔が複数段に設けられ、該挿入孔の直径は前記翼部側がその反対側より大きいことが好ましい。

【００２９】

低圧タービンは、前記最終段動翼の平均直径が前記３０００rpm に対し3520mm以上好ましくは３６００～３７５０mm又は前記３６００rpm に対し２９３０mm以上好ましくは３０００～３１３０mmである。

【００３０】

低圧タービンは、最終段動翼の平均直径が前記３０００rpm に対し２８００mm以上好ましくは３０００～３０４０mm又は前記３６００rpm に対し２３３０mm以上好ましくは２４００～２５３０mmである。

【００３１】

上述の要件は以下の発明に適用できるものである。

【００３２】

本発明は、前述の蒸気タービン発電プラントにおいて、前記高圧タービン及び中圧タービン又は高中圧タービンは初段動翼への水蒸気入口温度が５３８～660 ℃(５３８℃,５６６℃，５９３～６０５℃，６１０～６２０℃，６２０～６３０℃，６３０～６４０℃）の範囲に対し、前記低圧タービンは初段動翼への水蒸気入口温度が３５０～４００℃の範囲に対し、前記高圧タービン及び中圧タービン又は高中圧タービンの前記水蒸気入口温度にさらされるロータシャフト又はロータシャフト，動翼，静翼及び内部ケーシングの全部がＣｒ８～１３重量％を含有する高強度マルテンサイト鋼によって構成され、又はこれらのうち前記動翼の初段又は２段、又は３段までをＮｉ基合金によって構成されることが好ましい。

【００３３】

本発明は、ロータシャフトと、該ロータシャフトに植設された動翼と、該動翼への水蒸気の流入を案内する静翼及び該静翼を保持する内部ケーシングを有し、前記水蒸気の前記動翼の初段に流入する温度が５３８～６６０℃及び圧力が250 kgｆ／cm^2以上(好ましくは２４６～３１６kgｆ／cm^2)又は１７０～２００kgｆ／cm^2 であって、前記ロータシャフト又はロータシャフトと動翼及び静翼の少なくとも初段とが各蒸気温度（５３８℃，５６６℃，６１０℃，６２５℃，６４０℃，６５０℃，６６０℃）に対応した温度での10^5 時間クリープ破断強度が１０kgｆ／mm^2 以上(好ましくは１７kgｆ／mm^2 以上）であるＣｒ８.５～１３重量％（好ましくは１０.５～１１.５重量％）を含有する全焼戻しマルテンサイト組織を有する高強度マルテンサイト鋼からなり、又はこれらのうち前記動翼の初段又は２段又は３段までをＮｉ基合金からなり、前記内部ケーシングが前記各蒸気温度に対応した温度での10^5時間クリープ破断強度が１０kgｆ／mm^2以上（好ましくは１０.５kgｆ／mm^2 以上）であるＣｒ８～９.５重量％を含有するマルテンサイト鋳鋼からなる高圧蒸気タービン，中圧蒸気タービン又は高圧側タービンより出た蒸気を加熱し、高圧側入口温度と同等以上に加熱して中圧側タービンに送る高中圧一体型蒸気タービンとするのが好ましい。

【００３４】

高圧タービン及び中圧タービン又は高中圧一体型蒸気タービンにおいて、前記ロータシャフト又は前記動翼及び静翼の少なくとも一方の初段が重量で、Ｃ0.05～０.２０％，Ｓｉ０.６％以下、好ましくは０.１５％以下，Ｍｎ１.５％以下、好ましくは０.０５～１.５％，Ｃｒ８.５～１３％、好ましくは９.５～１３％，Ｎｉ０.０５～１.０％，Ｖ０.０５～０.５％、好ましくは０.０５～０.３５％，Ｎｂ及びＴａの少なくとも１種０.０１～０.２０％，Ｎ０.０１～０.１％、好ましくは０.０１～０.０６％，Ｍｏ１.５％以下、好ましくは０.０５～１.５％， Ｗ０.１～４.０％、好ましくは１.０～４.０％，Ｃｏ１０％以下、好ましくは０.５～１０％，Ｂ０.０３％以下、好ましくは０.０００５～０.０３％を含み、７８％以上のＦｅを有する高強度マルテンサイト鋼が好ましく、５９３～６６０℃の蒸気温度に対応するのが好ましく、又はＣ０.１～０.２５％，Ｓｉ０.６％ 以下,Ｍｎ１.５％以下，Ｃｒ８.５～１３％，Ｎｉ０.０５～１.０％，Ｖ０.０５～０.５％，Ｗ０.１０～０.６５％，Ｎｂ及びＴａの少なくとも１種０.０１～０.２０％ ，Ａｌ０.１％以下，Ｍｏ１.５％以下，Ｎ０.０２５～０.１％を有し、８０％以上のＦｅを有する高強度マルテンサイト鋼が好ましく、６００～620 ℃未満に対応するのが好ましい。前記内部ケーシングは重量でＣ０.０６～0.16 ％，Ｓｉ０.５％ 以下，Ｍｎ１％以下，Ｎｉ０.２～１.０％，Ｃｒ８～１２％，Ｖ０.０５～０.３５％，Ｎｂ及びＴａの少なくとも１種０.０１～０.１５％，Ｎ０.０１～０.８％，Ｍｏ１％以下，Ｗ１～４％，Ｂ０.０００５～０.００３％を含み、８５％以上のＦｅを有する高強度マルテンサイト鋼からなるのが好ましい。

【００３５】

本発明に係る前述の高圧蒸気タービンは、前記動翼が７段以上、好ましくは９段以上、好ましくは９～１２段有し、初段が複流であり、前記ロータシャフトは軸受中心間距離(Ｌ)

が５０００㎜以上（好ましくは５１００～６５００㎜）が好ましい。翼部長さは初段から最終段まで２５～１８０㎜が好ましい。

【００３６】

本発明に係る前述の中圧蒸気タービンは、前記動翼が左右対称に各６段以上、好ましくは６～９段を有し、前記ロータシャフト中心部に初段が植設された複流構造であり、前記ロータシャフトは軸受中心間距離（Ｌ）が５０００㎜以上（好ましくは５１００～６５００㎜）が好ましい。翼部長さは６０～３００㎜が好ましい。

【００３７】

本発明に係る前述の低圧蒸気タービンは、前記動翼が左右対称に各５段以上、好ましくは６段以上、より好ましくは８～１０段有し、前記ロータシャフト中心部に初段が植設された複流構造であり、前記ロータシャフトは軸受中心間距離（Ｌ）が６５００㎜以上（好ましくは６６００～７５００㎜）が好ましい。翼部長さは初段が９０㎜以上が好ましく、最終段が前述の長さとするものである。

【００３８】

本発明に係る高圧，中圧及び高中圧タービンのロータ材においては、全焼戻しマルテンサイト組織として、高い高温強度と低温靭性並びに高い疲労強度を得るために、Ｃｒ当量を４～８に成分調整することが好ましい。

【００３９】

$$Cr当量=Cr+6Si+4Mo+1.5W+11V+5Nb-40C-30N-30B-2Mn-4Ni-2Co+2.5Ta$$

本発明に係る高中圧一体型蒸気タービンは、高圧側前記動翼は７段以上好ましくは８段以上及び中圧側前記動翼は５段以上好ましくは６段以上有し、前記ロータシャフトは軸受中心間距離(Ｌ)が６０００㎜以上（好ましくは６１００～7000㎜）が好ましい。翼部長さは高圧側が２５～２００㎜、中圧部が１００～３５０㎜が好ましい。

【００４０】

（１）本発明材を用いる蒸気タービン翼は、高速回転による高い遠心力と振動応力に耐えるため引張強さが高いと同時に、高サイクル疲労強度が高くなければならない。そのために、翼材の金属組織は、有害なδフェライトが存在すると、疲労強度を著しく低下させるので、全焼戻しマルテンサイト組織とすることが最も好ましい。

【００４１】

本発明鋼は前述した式で計算されるＣｒ当量が１０以下、好ましくは４～１０３なるように成分調整され、δフェライト相を実質的に含まないようにすることが必要である。

【００４２】

また均質で高強度の蒸気タービン長翼材を得るために、調質熱処理として、溶解・鍛造後に、１０００℃～１１００℃（好ましくは１０００～１０５５℃）で好ましくは０.５～３ 時間加熱保持後室温まで急冷する（特に油焼入れが好ましい）焼入れを行い、次に、５４０～６２０℃で焼戻し、特に５４０℃～５７０℃で好ましくは１～６時間加熱保持後室温まで冷却する１次焼戻しと、５６０℃～５９０℃で好ましくは１～６時間加熱保持後室温まで冷却する２次焼戻しの２回以上の焼戻し熱処理が施されるのが好ましい。２次焼戻し温度は１次焼戻し温度より高くするのが好ましく、特に１０～３０℃高くするのが好ましく、より１５～２０℃高くするのが好ましい。また、残留オーステナイトをより完全に分解するためにドライアイス又は液体窒素温度まで冷却する深冷処理を施すことが好ましい。

【００４３】

本発明に係る低圧タービン最終段翼部長さは前述のように３６００rpm に対しては９５２.５㎜(３７.５″)以上、好ましくは１０１６㎜(４０″)～１０６７㎜（４２″）及び３０００rpm に対しては１１６８.４㎜(４６″）以上、好ましくは１２１９.２㎜(４８″)～１２７０㎜(５０″)である。

【００４４】

以下、本発明に係るマルテンサイト鋼の合金元素について説明する。

【００４５】

Ｃは高い引張強さと靭性を得るために０．１５％以上、また、０．４％を超えて多くすると、靭性を低下させる恐れがある。特に、Ｍｏ量との関係によって０．１５～０．４０％又は、０．３１～０．４０％とするものである。

【００４６】

Ｓｉは脱酸剤、Ｍｎは脱硫酸・脱酸剤で鋼の溶解の際に添加するものであり、少量でも効果がある。Ｓｉはδフェライト生成元素であり、多量の添加は、疲労及び靭性を低下させる有害なδフェライト生成の原因になるので、０.５％ 以下、より０.２５％ 以下が好ましい。なお、カーボン真空脱酸法及びエレクトロスラグ溶解法などによればＳｉ添加の必要がなく、Ｓｉ無添加がよい。特に、0.10%以下、より０.０５％ 以下が好ましい。

【００４７】

少量のＭｎ添加は靭性を向上するが多量の添加は靭性を低下させるので、1.5 %以下が好ましい。特に、Ｍｎは脱酸剤として有効なので、靭性向上の点から０.４%以下、より０.０５～０.２%が好ましい。

【００４８】

Ｃｒは耐食性と引張強さを高めるが、１３%以上添加するとδフェライト組織生成の原因になる。８%より少ないと耐食性と引張強さが不十分なので、Ｃｒは８～１３%が好ましい。特に強度の点から１０.５～１２.５%が、より１１～１２%好ましい。

【００４９】

Ｍｏは固溶強化及び析出強化作用によって引張強さを高める効果がある。Ｍｏは引張強さ向上効果が不十分であり４%を超えるとδフェライト生成原因になるので１.５～４%とする。特に、Ｃ量が０.１３～０.４０%のとき、２.１～4.0%又はＣ量が０.３１～０.４０%のときＭｏ量を１.５～４.０%とするものである。なお、ＷもＭｏと同じ様な効果があり、より高強度化のためにその一部を置換させて好ましくは２%以下含有させることができる。

【００５０】

Ｖ及びＮｂは炭化物を析出し引張強さを高めると同時に靭性向上効果がある。Ｖ０.０５%，Ｎｂ０.０２%以下ではその効果が不十分であり、Ｖ０.３５% ，Ｎｂ０.３%以下がδフェライト生成の抑制から好ましい。特にＶは０.１５～０.３０%、より０.２５～０.３０%、Ｎｂは０.１０～０.２０%、より０.１２～０.１８% が好ましい。Ｎｂの代わりにＴａを全く同様に添加でき、複合添加においても合計量で同様の含有量とすることができる。

【００５１】

Ｎｉは低温靭性を高めると共に、δフェライト生成の防止効果がある。この効果は、Ｎｉ２%以下では不十分で、３.５% を超える添加で効果が飽和する。特に、２.６～３.２%が好ましい。

【００５２】

Ｎは引張強さの向上及びδフェライトの生成防止に効果があるが０.０４% 未満ではその効果が十分でなく、０.１５% を超えると靭性を低下させる。特に、０.０６～０.１０%の範囲で優れた特性が得られる。

【００５３】

Ｐ及びＳの低減は、引張強さを損なわず、低温靭性を高める効果があり、極力低減することが望ましい。低温靭性向上の点からＰ０.０１５%以下，Ｓ0.015%以下が好ましい。特に、Ｐ０.０１０%以下，Ｓ０.０１０%以下が望ましい。

【００５４】

Ｓｂ，Ｓｎ及びＡｓの低減も、低温靭性を高める効果があり、極力低減することが望ましいが、現状製鋼技術レベルの点から、Ｓｂ０.００１５% 以下，Ｓｎ０.０１%以下、及びＡｓ０.０２%以下に限定した。特に、Ｓｂ０.００１% 以下，Ｓｎ０.００５%及びＡｓ０.０１%以下が望ましい。

【００５５】
さらに、本発明においては、Ｔｉ，Ｚｒ，Ｈｆ等のＭＣ炭化物形成元素を１種又は２種以上の各々の組合せで合計で０．５％以下含むものが好ましい。その他に、塑性加工性，靭性を改善するためにＡｌ，Ｃａ，Ｍｇ，Ｙ，希土類元素の少なくとも１種又は合計で０．２％以下含有させるのが好ましい。
本発明材の熱処理は、まず完全なオーステナイトに変態するに十分な温度、最低１０００℃，最高１１００℃に均一加熱し、急冷し（好ましくは油冷）、次いで５５０～５７０℃の温度に加熱保持・冷却し（第１次焼戻し）、次いで５６０～６８０℃の温度に加熱保持・冷却し（第２次焼戻し）を行い、全焼戻しマルテンサイト組織とするものが好ましい。第２次焼戻しは第１次焼戻し温度より高い温度とするものである。
【００５６】
最終段動翼の先端リーデングエッヂ部にはＣｏ基合金からなるエロージョン防止層が設けられているのが好ましい。Ｃｏ基合金は重量でＣｒ２５～３０％，Ｗ１．５～７．０％，Ｃ０．５～１．５％を有する板材を電子ビーム又はＴＩＧ溶接によって接合するのが好ましい。
【００５７】
（２）本発明に係る高圧，中圧又は高中圧一体型蒸気タービンロータシャフトはそのジャーナル部に軸受特性の高いＣｒ－Ｍｏ低合金鋼の肉盛溶接層を形成することが好ましく、溶接材を用いて好ましくは３層～１０層のいずれかの層数の前記肉盛溶接層を形成し、初層から２層目～４層目のいずれかまでの前記溶接材のＣｒ量を順次低下させるとともに、４層目以降を同じＣｒ量を有する鋼からなる溶接材を用いて溶接し、前記初層の溶接に用いられる溶接材のＣｒ量を前記母材のＣｒ量より２～６ 重量％程度少なくし、４層目以降の溶接層のＣｒ量を０．５～３重量％（好ましくは１～２．５重量％）とするものである。
【００５８】
本発明においては、ジャーナル部の軸受特性の改善には肉盛溶接が最も安全性が高い点で好ましい。また、Ｃｒ量１～３％を有する低合金鋼からなるスリーブの焼ばめ，はめ込みとする構造とすることもできる。
【００５９】
溶接層数を多くして徐々にＣｒ量を下げるのに３層以上が好ましく、１０層以上溶接してもそれ以上の効果は得られない。一例として最終仕上げで約１８㎜の厚さが要求される。このような厚さを形成するには切削による最終仕上げ代を除いても少なくとも５層の肉盛溶接層が好ましい。３層目以降は主に焼戻しマルテンサイト組織を有し、炭化物が析出していることが好ましい。特に、４層目以降の溶接層の組成として重量で、Ｃ０.０１～０.１％，Ｓｉ０.３～１％，Ｍｎ0.3～１.５％，Ｃｒ０.５～３％，Ｍｏ０.１～１.５％を含み残部Ｆｅからなるものが好ましい。
【００６０】
（３）本発明の高圧タービン，中圧タービン及び高中圧タービンの内部ケーシング加減弁弁箱，組合せ再熱弁弁箱，主蒸気リード管，主蒸気入口管，再熱入口管，高圧タービンノズルボックス，中圧タービン初段ダイヤフラム，高圧タービン主蒸気入口フランジ，エルボ，主蒸気止め弁を構成するマルテンサイト系耐熱鋼が好ましい。
【００６１】
２５０kgｆ／cm^2 以上の超々臨界圧タービン高圧，中圧又は高中圧内部ケーシング並びに主蒸気止め弁及び加減弁ケーシングには、その使用温度に対して10^5ｈクリープ破断強度９kgｆ／mm^2 以上，室温衝撃吸収エネルギー１kgｆ－ｍ以上が要求される。
【００６２】
内部ケーシング材として具体的な組成は、重量で、Ｃ０.０６～０.１６％（好ましくは０.０９～０.１４％），Ｎ０.０１～０.１％（好ましくは０.０２～０.０６％），Ｍｎ１％以下（好ましくは０.４～０.７％），Ｓｉ無添加又は０.５％以下(好ましくは０.１～０.４％），Ｖ０.０５～０.３５％(好ましくは０.１５～０.２５％），Ｎｂ０.１５％以下（

好ましくは０.０２～０.1%），Ｎｉ０.２～１％（好ましくは０.４～０.８％），Ｃｒ８～１２％（好ましくは８～１０％、より好ましくは８.５～９.５％），Ｗ１～３.５％，Ｍｏ１.５％以下（好ましくは０.４～０.８％）及び残部Ｆｅからなるマルテンサイト鋳鋼が好ましい。

【００６３】

W量は、６２０℃では１.０～1.5%、６３０℃では１.６～２.０％、６４０℃では２.１～２.５％ 、６５０℃に対しては２.６～３.０％、６６０℃では３.１～３.５％が好ましい。

【００６４】

Ｔａ，Ｔｉ及びＺｒの添加は、靭性を高める効果があり、Ｔａ０.１５％以下,Ｔｉ０.１％以下及びＺｒ０.１％以下の単独または複合添加で十分な効果が得られる。Ｔａを０.１％ 以上添加した場合には、Ｎｂの添加を省略することができる。

【００６５】

（４）低圧蒸気タービンロータシャフトは重量で、Ｃ０.２～０.３％,Ｓｉ0.15 ％以下，Ｍｎ０.２５％以下，Ｎｉ３.２５～４.２５％，Ｃｒ１.６～２.５％， Ｍｏ０.２５～０.６％，Ｖ０.０５～０.２５％を有し、Ｆｅ９２.５％ 以上の全焼戻しベーナイト組織を有する低合金鋼が好ましく、前述の高圧，中圧ロータシャフトと同様の製法によって製造されるのが好ましい。特に、Ｓｉ量は０.０５ ％以下，Ｍｎ０.１％ 以下の他Ｐ，Ｓ，Ａｓ，Ｓｂ，Ｓｎ等の不純物を極力低めた原料を用い、総量０.０２５％以下、好ましくは０.０１５％以下とするように用いられる原材料の不純物の少ないものを使用するスーパークリーン化した製造とするのが好ましい。Ｐ，Ｓ各０.０１０％以下，Ｓｎ，Ａｓ０.００５％以下，Ｓｂ０.００１％ 以下が好ましい。本ロータシャフトは前述の回転数に対する特定の長さを有するマルテンサイト鋼を有する最終段動翼と密接な関係を有する。本発明に係るロータシャフトは後述の実施例に記載のとおりである。本発明に係るロータシャフトには中心孔を有するものに対しては最終段動翼としてフォーク型のもの、中心孔を設けないものに対しては逆クリスマスツリー型のものを設けるのが好ましい。

【００６６】

（５）低圧タービン用ブレードの最終段以外及びノズルは、Ｃ０.０５～０.２％，Ｓｉ０.１～０.５％，Ｍｎ０.２～１.０％,Ｃｒ１０～１３％，Ｍｏ０.０４～０.２％を有する全焼戻しマルテンサイト鋼が好ましい。

【００６７】

（６）低圧タービン用内部及び外部ケーシングともにＣ０.２～０.３％，Ｓｉ０.３～０.７％，Ｍｎ１％以下を有する炭素鋳鋼が好ましい。

【００６８】

（７）主蒸気止め弁ケーシング及び蒸気加減弁ケーシングはＣ０.１～０.２％，Ｓｉ０.１～０.４％，Ｍｎ０.２～１.０％，Ｃｒ８.５～１０.５％,Ｍｏ０.３～１.０％ ，Ｗ１.０～３.０％，Ｖ０.１～０.３％，Ｎｂ０.０３～０.１％，Ｎ０.０３～０.０８％，Ｂ０.０００５～０.００３％を含む全焼戻しマルテンサイト鋼が好ましい。

【００６９】

（８）高圧タービン，中圧タービン及び高中圧タービン用外部ケーシングにはＣ０.１０～０.２０％，Ｓｉ０.０５～０.６％，Ｍｎ０.１～１.０％,Ｎｉ０.１～０.５％，Ｃｒ１～２.５％，Ｍｏ０.５～１.５％，Ｖ０.１～０.３５％を含み、好ましくはＡｌ０.０２５％以下，Ｂ０.０００５～０.００４％及びＴｉ０.０５～０.２％ の少なくとも一方を含み、全焼戻しベーナイト組織を有する鋳鋼によって製造するのが好ましい。特に、Ｃ０.１０～０.１８％，Ｓｉ０.２０～0.60 ％，Ｍｎ０.２０～０.５０％，Ｎｉ０.１～０.５％，Ｃｒ１.０～１.５％，Ｍｏ０.９～１.２％，Ｖ０.２～０.３％，Ａｌ０.００１～０.００５％，Ｔｉ0.045 ～０.１０％ 及びＢ０.０００５～０.００２０％を含む鋳鋼が好ましい。より好ましくはＴｉ／Ａｌ比が０.５～１０である。

【００７０】

（９）蒸気温度６２５～６５０℃における高圧，中圧，高中圧タービン（高圧側と中圧側

）の初段ブレード、好ましくは高圧タービン及び高中圧タービンの高圧側は２段又は３段まで、中圧タービン及び高中圧タービンの中圧側は２段までを前述のマルテンサイト鋼に代えて重量で、Ｃ０.０３～０.２０％（好ましくは０.０３～０.１５％），Ｃｒ１２～２０％，Ｍｏ９～２０％（好ましくは１２～２０％），Ｃｏ１２％以下（好ましくは５～１２％），Ａｌ０.５～１.５％，Ｔｉ１～３％，Ｆｅ５％以下，Ｓｉ０.３％以下，Ｍｎ０.２％以下，Ｂ０.００３～ ０.０１５％の他，Ｍｇ０.１％以下，希土類元素０.５％以下，Ｚｒ０.５％以下の１種以上を含むＮｉ基合金を用いることができる。以下については０％も含む。鍛造後、溶体化処理され、時効処理される。

【００７１】

【発明の実施の形態】

〔実施例１〕

表１は蒸気タービン用長翼材に係る１２％Ｃｒ鋼の化学組成（重量％）を示し、残部はＦｅである。各試料はそれぞれ１５０kg真空アーク溶解し、１１５０℃に加熱し鍛造して実験素材とした。試料No.１及び１５は、１０００℃で１ｈ加熱後油焼入れにより室温まで冷却し、次いで、５７０℃に加熱し２ｈ保持後室温まで空冷した。No.２は、１０５０℃で１ｈ加熱後油焼入れにより室温まで冷却し、次いで、５７０℃に加熱し２ｈ保持後室温まで空冷した。試料No.３～No.１１及びNo.１６～No.１９は、１０５０℃で１ｈ加熱後油焼入れ、No.１２～１４及びNo.２０，２１は１０７５℃で１時間加熱後油焼入れにより室温まで冷却し、次いで、５６０℃（低温戻し）に加熱し２ｈ保持後室温まで空冷し（１次焼戻し）、更に５８０℃（高温戻し）に加熱し２ｈ保持後室温まで空冷した（２次焼戻し）。No.２２及び２３は１０７５℃で１ｈ加熱後油焼入れにより室温まで冷却し、次いで液体窒素までの深冷処理を行い、更に５７０℃で２ｈ加熱保持し室温まで空冷した。いずれのものも全焼戻しマルテンサイト組織を有していた。

【００７２】

表１において、No. ３～１２、１５及び１６は比較のもの、１３、１４、１７～２３は本発明に係る材料及びNo. １及び２は、現用の長翼材である。

【００７３】

表２はこれらの試料の室温（２０℃）の機械的性質を示す。本発明に係る材料の（No.９，１０，１３，１４，１７～２３）は、翼部長さ４６インチ以上の３０００rpm 蒸気タービン用長翼材として要求される引張強さ(１４３kgｆ／㎟以上）及び低温靭性（２０℃Ｖノッチシャルピー衝撃値４kgｆ－ｍ／cm^2 以上）を十分満足することが確認された。尚、表中No.１～１１，No.１２～１４及び２０，２１の上段は高温戻し材、及びNo.１２～１４の下段は低温戻し材、更にNo.２２，２３の下段は深冷処理材の値である。

【００７４】

これに対し、No.１，６及び１６は、蒸気タービン用長翼に使用するには、引張強さと衝撃値とで示される値が低い。No.２は、引張強さ及び靭性が低い。

【００７５】

No.３，４，５及び７は、衝撃値が３.８kgｆ－ｍ／cm^2以上及び引張強さ128.5 kg／mm^2以上であり、翼部長さ４３インチ以上に対しては満足するものである。

【００７６】

【表１】

表　1

No.	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	Nb	N	Mo／C
1	0.12	0.15	0.75	11.5	2.60	1.70	－	0.36	－	0.03	14.2
2	0.28	0.28	0.71	11.6	0.73	1.10	1.12	0.21	－	0.04	3.9
3	0.14	0.04	0.16	11.4	2.70	2.10	－	0.26	0.08	0.06	15.0
4	0.13	0.04	0.15	11.5	2.50	2.40	－	0.28	0.10	0.05	18.5
5	0.13	0.06	0.15	11.4	2.65	3.10	－	0.25	0.11	0.06	23.9
6	0.14	0.04	0.17	11.4	2.61	3.40	－	0.26	0.10	0.06	24.3
7	0.14	0.04	0.15	11.5	2.60	2.30	－	0.27	0.10	0.07	16.4
8	0.15	0.04	0.15	11.4	2.71	2.10	－	0.26	0.13	0.06	14.0
9	0.21	0.04	0.15	11.5	2.51	2.39	－	0.27	0.10	0.09	11.4
10	0.19	0.04	0.14	11.5	2.60	3.25	－	0.26	0.11	0.08	17.1
11	0.16	0.04	0.17	11.4	2.61	2.40	－	0.26	0.10	0.06	15.0
12	0.18	0.05	0.15	11.92	2.81	2.37	－	0.24	0.16	0.06	13.2
13	0.20	0.03	0.16	12.04	2.83	2.41	－	0.25	0.16	0.076	12.1
14	0.19	0.04	0.15	11.98	2.83	2.41	－	0.26	0.16	0.09	11.3
15	0.12	0.15	0.75	11.5	2.60	1.7	－	0.36	0.10	0.03	14.2
16	0.13	0.04	0.16	11.4	2.70	3.4	－	0.26	0.13	0.06	26.2
17	0.22	0.04	0.15	11.5	2.50	2.4	－	0.28	0.10	0.09	10.9
18	0.23	0.06	0.15	11.4	2.65	3.1	－	0.25	0.11	0.06	13.5
19	0.28	0.04	0.15	11.5	2.61	3.2	－	0.25	0.13	0.09	11.4
20	0.25	0.04	0.15	11.5	2.81	3.8	－	0.26	0.15	0.07	15.2
21	0.30	0.04	0.15	11.4	2.55	1.9	－	0.24	0.10	0.08	6.3
22	0.32	0.04	0.15	12.2	2.92	2.5	－	0.25	0.20	0.07	7.8
23	0.27	0.04	0.15	11.3	2.45	2.4	－	0.25	0.21	0.08	8.9

【００７７】
【表２】

表　2

試料 No.	引張強さ (kgf／mm²)	伸び (%)	絞り (%)	衝撃値 (kgf－m／cm²)
1	114.4	19.0	60.1	8.0
2	114.6	18.6	59.7	1.2
3	132.5	21.0	67.1	5.2
4	134.9	20.8	66.8	4.8
5	137.0	18.5	59.8	3.8
6	118.7	21.1	67.3	5.2
7	133.5	20.1	60.4	5.1
8	136.0	20.5	67.0	5.2
9	144.9	20.9	66.5	4.8
10	143.0	20.4	66.5	5.0
11	140.5	20.1	60.4	5.3
12	131.6	16.3	64.5	9.7
	137.2	15.3	66.0	8.1
13	136.3	15.8	62.1	8.0
	141.7	14.8	63.1	6.9
14	138.1	14.3	57.5	6.9
	143.8	15.0	61.5	4.9
15	131.5	19.0	60.1	8.0
16	115.5	20.0	58.5	3.2
17	144.0	20.8	66.8	5.6
18	144.5	18.5	59.8	6.2
19	149.8	18.8	60.2	5.8
20	148.0	19.1	61.5	6.3
	151.3	17.5	60.1	6.0
21	144.2	18.2	61.2	7.0
	147.2	16.2	59.8	7.2
22	152.1	17.8	58.9	
	150.3	20.9	61.7	6.8
23	151.1	18.2	62.6	6.9
	149.8	21.5	63.2	7.3

【００７８】
図１は引張強さとＣ量との関係を示す線図である。図に示す様に引張強さはＭｏ量との関係によってＣ量の効果は著しく異なる。Ｍｏ量が１．７～３．１％の範囲のものはＣ量の増加とともに引張強さが増加する。Ｃ量が０．１３％ 前後で１３０～１３８kg／mm² であるのに対し、０．１５～０．２３％ではいずれも140 kg／mm² 以上で、１４２～１４５kg／mm² の高い強度が得られる。更に、Ｃ量を０．２４～０．３２％では１４５kg／mm²を超え１５２kg／mm²のより高い強度が得られる。また、Ｍｏ量が３．２％以上のものはＣ量が０．１７％以上で１３５kg／mm² 以上、更にＣ量０．１８％を超えるものでは１４０kg／mm²以上、Ｃ量0.21％以上では１４５kg／mm² 以上の引張強さが得られる。
【００７９】
図２は引張強さとＭｏ量との関係を示す線図である。図に示す様に引張強さはＭｏ量の増加とＣ量の増加によって顕著に高くなる。Ｃ量が０．１３～０．１４％ではＭｏ量が２．０～３．２％で引張強さが１３２～１３５kg／mm² の高い値が得られ、更にＣ量が０．１５～

０．１６％ではＭｏ量が２．０％以上で１３７kg／mm^{2}以上、Ｍｏ量２．４～４％では１４０kg／mm^2 以上となる。また、Ｃ量０．１９～０．２３％ではＭｏ２．０～３．５％で１４０kg／mm^{2}以上が得られ、特にＭｏ２～３．２％では１４２kg／mm^{2}以上の高い値が得られる。より２．４～３．１％のＭｏでは１４５kg／mm^2 以上のきわめて高いものが得られる。尚、Ｎｏ.１２～１４を図中に示していないのは、他のものと焼入温度が異なること及びＣｒ量が異なることからである。更に、Ｃ量を０．２５～０．３２％とすることによりＭｏ量を２～４％において１４５kg／mm^{2}を超える１４７～１５２kg／mm^{2}のより高い強度が得られる。特に、Ｍｏは２．２～３．８％において１４８kg／mm^2 以上の強度が得られる。

【００８０】

図３は引張強さと(Ｍｏ／Ｃ）比との関係を示す線図である。Ｃ量が０．１２～０．１４％の低Ｃ量の強度は（Ｍｏ／Ｃ）比が１０～２４の範囲で１２８．５kg／mm^2 以上の強度が得られる。更に、Ｃ０．１９～０．２２％では（Ｍｏ／Ｃ）比５～２２で１４０kg／mm^2 以上のより高い強度が得られる。特に、（Ｍｏ／Ｃ）比８～２０では１４２～１４５kg／mm^2 の強度が得られる。また、Ｃ０．２５～０．３２％では、(Ｍｏ／Ｃ）比６５～２０で１４５kg／mm^2 を超える引張強さが得られ、特に７～１５で１４８～１５２kg／mm^2 の強度が得られる。

【００８１】

図４はＣ量とＭｏ量との引張強さの関係を示す線図である。前述のようにＣ量とＭｏ量との関係によって引張強さが大きく変る。従って、引張強さとして１４０kg／mm^2 以上又は１３６kg／mm^{2}以上で８kg・ｍ／cm^{2}以上が得られる範囲は、Ｃ量及びＭｏ量とを整数目盛で表示し、Ａ点(Ｃ０．２１％、Ｍｏ１．５％)、Ｂ点(Ｃ０．１５％、Ｍｏ２．５％)、Ｃ点(Ｃ０．１５％、Ｍｏ３．２％)、Ｄ点(Ｃ０．２５％、Ｍｏ４．０％)、Ｈ点（Ｃ０．４％、Ｍｏ４．０％）、Ｉ点（Ｃ０．４％、Ｍｏ１．５％）及び前記Ａ点の各点を結ぶ範囲内にある。更に、引張強さ１４５kg／mm^{2}以上が得られる範囲は、（Ｃ量、Ｍｏ量）が（０．３％、１．９％)をＥ点、（０．２１％、２．４％）をＦ点、（０．２５％、３．９％）をＧ点とした時に、Ｅ点とＦ点，Ｆ点とＧ点を結んだ線よりもＣ量が上部にある範囲が好ましい。

【００８２】

図５はＣ量と衝撃値との関係を示す線図である。図に示す様にＣ量の増加によって衝撃値が向上する。その傾向はＮ量に大きく左右される。Ｎ量が０．０６～０．０７％ではＣ量を０．１３％以上とすることにより５kg－ｍ／cm^2 以上の衝撃値が得られ、Ｃ量０．２３％以上で６kg－ｍ／cm^{2}以上が得られる。Ｎ量が0.08～０．０９％ではＣ量を０．１９％以上で５kg－ｍ／cm^{2}以上、Ｃ量０．２４％以上で６kg－ｍ／cm^{2}以上が得られる。Ｎ０．０９％ではＣ量０．２３％ 以上で５kg－ｍ／cm^{2}以上、Ｃ量０．３０％以上で６kg－ｍ／cm^{2}以上が得られる。

【００８３】

図６はＭｏ量と衝撃値との関係を示す線図である。図に示す様に衝撃値はＣ量によってＭｏ量の効果が異なる。Ｃ量が０．１３～０．１４％，０．１６～０．１９％及び０．２７～０．３２％ではいずれもＭｏ量の増加によって衝撃値が低下するが、Ｃ量０．２２～０．２５％ではＭｏ量の増加によって衝撃値が増加する。特に、Ｃ量が０．２２～０．２５％ ではＭｏ量を１．５％以上とすることにより、更にＣ量０．２７％以上ではＭｏ量を４．０％以下とすることにより５kg－ｍ／cm^2 以上が得られる。また、６kg－ｍ／cm^{2}以上を得るには、Ｃ０．２２～０．２５％ ではＭｏ３％以上，Ｃ０．２７％以上ではＭｏ量を３．１％以下とすることによって得られる。

【００８４】

前述のＡ点とＢ点，Ｂ点とＣ点，Ｃ点とＤ点を結んだ線よりもＣ量が上部である範囲では衝撃値として３．８kg－ｍ／cm^{2}以上が得られ、更にＥ点とＦ点、Ｆ点とＧ点を結んだ線よりもＣ量が上部である範囲では４．８kg－ｍ／cm^{2}以上の値が得られる。

【００８５】

図７は衝撃値と引張強さとの関係を示す線図である。Ｃ量が０．１９％ 以上における衝撃値(kg－ｍ／cm^2)(ｙ）は引張強さ（ｘ）から求められる値(ｙ＝－０．４４ｘ＋６８）以上

とすることが好ましい。更に、Ｃ量を０．２５％ 以上とすることにより、ｙ＝－０．４４ｘ＋７１によって求められる値(kg－m／cm^2)以上とすることが好ましい。また、Ｃ０．３０％ 以上とすることによりｙ＝－０．４４ｘ＋７３によって求められる値以上とすることが好ましい。

【００８６】

前述のｙ＝－０．４４ｘ＋６８ によって求められる値以上の衝撃値と引張強さを有するマルテンサイト鋼を用い、引張強さとして１４０kg／mm^2 以上とすることにより、回転数３０００rpm に対し４６インチ以上とすること、又は３６００rpm に対し３７．５ インチ以上とするものを得ることができる。更に、ｙ＝－０．４４ｘ＋７１ によって求められる値以上の衝撃値と引張強さを有するマルテンサイト鋼を用い、引張強さ１４５kg／mm^2 以上とすることにより回転数3000rpmに対して４８インチ以上、３６００rpmに対して４０インチ以上とすることができる。また、ｙ＝－０．４４ｘ＋７３ によって求められる値以上の衝撃値と引張強さを有するマルテンサイト鋼を用い、引張強さ１５０kg／mm^2 以上とすることにより回転数３０００rpmに対して５０インチ以上、３６００rpmに対し41.5″以上の翼部長さを有する動翼を植設した低圧蒸気タービンが達成できる。

【００８７】

また、本実施例の他に、Ｃ０.３５％，Ｓｉ０.０３％，Ｍｎ０.１５％ ，Ｎｉ２.８０％，Ｃｒ１２％，Ｍｏ２.３０％，Ｖ０.２５％，Ｎｂ０.１５％，Ｎ０.０７５％又はＣ０.３５％，Ｓｉ０.０３％，Ｍｎ０.１５％，Ｎｉ３.５０％,Ｃｒ１２％，Ｍｏ３.３％，Ｖ０.２５％，Ｎｂ０.１５％及びＮ０.０７５％を含み、残部Ｆｅからなる蒸気タービン用マルテンサイト鋼について特性を検討中である。

【００８８】

〔実施例２〕

図８は実施例１の本発明に係るマルテンサイト鋼を用いた３０００rpm 用の翼部長さ１１６８.４mm(４６″）長翼の正面図及び図９はその側面図である。５１は、高速蒸気が突き当たる翼部、５２はロータシャフトへの翼植え込み部、５３は翼の遠心力を支えるためのピンを挿入するピン挿入孔、５４は蒸気中の水滴によりエロージョンを防止するための翼部リーデング側に設けられたエロージョンシールド（Ｃｏ基合金のステライト板を溶接で接合）、５５はタイボス及び５７はコンティニュアスカバーである。本実施例においては全体一体の鍛造後に切削加工によって形成されたものである。尚、コンティニュアスカバー５７は機械的に一体に形成することもできる。エロージョンシールドは局部的な焼入れによって他の翼部より硬さを高めることによって設けることができる。

【００８９】

４６″長翼は、エレクトロスラグ再溶接法により溶製し、鍛造熱・処理を行ったものである。鍛造は８５０～１１５０℃の温度範囲内で、熱処理は実施例１に示した条件で行った。この長翼の金属組織は全焼戻しマルテンサイト組織であった。翼部５１は植込み部の厚さが最も大きく、先端部になるに従って徐々に薄肉となっている。

【００９０】

図８及び図９に示す様に、翼植込み部５２は９本の植込み部を有するフォーク型になっている。図５の側面にはフォーク型にピンを挿入するピン挿入孔５３が３段に設けられ、それに対応して凹部が設けられている。ピン挿入孔５３は翼部側が最も直径が大きく、徐々に小さくなっている。翼部５１はその幅方向の傾きが車軸の軸方向に対して翼植込み部５２がほぼ平行であり、翼先端部で約７５度に徐々に傾いている。本実施例における翼植込み部５２の最大幅は翼部先端の幅に対して約２.４ 倍であり、２.２～２.６が好ましい。５８は翼部５１の翼植込み部５２近傍に対する接線の延長上の幅を示し、翼部５１の有効幅となるもので、翼部先端の幅に対して約１.７９ 倍有するものであり、１.６０～１.８５倍が好ましい。

【００９１】

図１０は蒸気タービンに配置されたタービン翼におけるコンティニュアスカバー５７の互いの位置関係を示す円周面の上面から見た正面図である。翼部５１は隣り同志で重り合う

ように配置されている。また、翼部５１は水蒸気の流れをふさぐように配置されている。このコンティニュアスカバー５７は本体の材料と同一の一体に成形加工によって作られたものである。翼部５１の先端は植込み部５２に対して約７５．５ 度軸方向に対して交叉するようにねじれた構造となっている。

【００９２】

尚、実施例１のＮｏ.１２に記載のマルテンサイト鋼は焼入れ温度を若干高めることによって引張強さを目標の１３８．５kg／mm^2以上及び衝撃値を４kg－ｍ／ cm^2 以上のものを得ることができる。

【００９３】

図１１は翼部長さを４６″とし、動翼の植込み部を逆クリスマスツリータイプとしたもので、平面図及び図１２はその側面図である。本図面に示す蒸気タービン翼は前述の図８及び図９とは翼植込み部５２の型が違うだけで、他の構造は同様である。本図に示す様に翼植込み部５２は両側に４段のストレートな突起を有し、この突起によって高速回転による翼部をロータシャフトに植設され固定されるものである。そして、ロータシャフトにはこの外形と同一の空間を有する溝がロータシャフトの軸方向に沿って植込まれるように形成されている。

【００９４】

本実施例の他に、前述のように更に３０００rpm に対して４８″，５０″，５２″と大きくしたもの、３６００rpm に対して３７．５″，４０″，４３″としたものは本実施例の長翼に対して相似形としたもので対応できるものである。〔実施例３〕

表３は本発明に係るマルテンサイト鋼を用いた蒸気温度６２５℃，１０５０MW蒸気タービンの主な仕様である。本実施例は、クロスコンパウンド型４流排気，低圧タービンにおける最終段動翼の翼部長さが４３インチであり、ＡはＨＰ－ＩＰ及びＬＰ２台で３０００ｒ／min 、ＢはＨＰ－ＬＰ及びＩＰ－ＬＰで各々同じく３０００ｒ／min の回転数を有し、高温部においては表に示す主な材料によって構成される。高圧部（ＨＰ）の蒸気温度は６２５℃，２５０kgｆ／cm^2 の圧力であり、中圧部（ＩＰ）の蒸気温度は６２５℃に再熱器によって加熱され、４５～６５kgｆ／cm^2 の圧力で運転される。低圧部(ＬＰ)は蒸気温度は４００℃で入り、１００℃以下，７２２mmＨｇの真空で復水器に送られる。

【００９５】

本実施例における低圧タービンの最終段動翼の翼部長さに対する高圧タービン及び中圧タービンをタンデムに結合した軸受間距離、及びタンデムに結合した２台の前記低圧タービンの軸受間距離の合計は約３１．５ｍであり、その比が28.8 であり、コンパクトになっている。

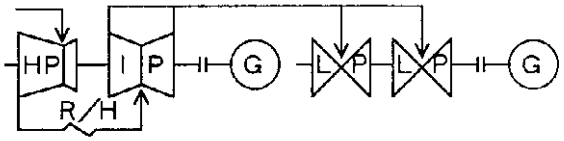
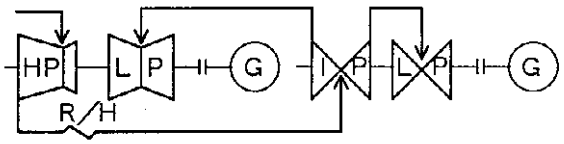
【００９６】

また、本実施例における蒸気タービン発電プラントの定格出力（ＭＷ）に対する前記高圧タービン及び中圧タービンをタンデムに結合した軸受間距離、及びタンデムに結合した２台の前記低圧タービンの軸受間距離の合計距離（mm）の比が３０である。

【００９７】

【表３】

表　３

タービン形式		ＣＣ４Ｆ－４６
回転数		３０００／３０００回／分
蒸気条件		２４．１ＭＰａ－６２５℃／６２５℃
タービン構成	A	
	B	
初段翼構造		複流形， ２テノン鞍形ダブティル翼
最終段翼		高強度１２Ｃｒ鍛鋼
主蒸気止め弁ボデー 蒸気加減弁ボデー		高強度１２Ｃｒ鍛鋼
高圧ロータ		高強度１２Ｃｒ鍛鋼
中圧ロータ		高強度１２Ｃｒ鍛鋼
低圧ロータ		３．５Ｎｉ－Ｃｒ－Ｍｏ－Ｖ鍛鋼
高温部動翼		初段　高強度１２Ｃｒ鍛鋼
高圧車室	内部	高強度９Ｃｒ鋳鋼
	外部	高強度Ｃｒ－Ｍｏ－Ｖ－Ｂ鋳鋼
中圧車室	内部	高強度９Ｃｒ鋳鋼
	外部	高強度Ｃｒ－Ｍｏ－Ｖ－Ｂ鋳鋼
熱効率（定格出力時，発電端）		４７．５％

（ＣＣ４Ｆ－４６：クロスコンパウンド型４流排気，４６インチ長翼使用
ＨＰ：高圧部，ＩＰ：中圧部，ＬＰ：低圧部，Ｒ／Ｈ：再熱器（ボイラ））

【００９８】

図１３は表３のタービン構成のＡにおける高圧及び中圧蒸気タービンの断面構成図である。高圧蒸気タービンは高圧内部車室１８とその外側の高圧外部車室１９内に高圧動翼１６を植設した高圧車軸（高圧ロータシャフト）２３が設けられる。前述の高温高圧の蒸気は前述のボイラによって得られ、主蒸気管を通って、主蒸気入口を構成するフランジ，エルボ２５より主蒸気入口２８を通り、ノズルボックス３８より初段複流の動翼に導かれる。初段は複流であり、片側に８段設けられる。これらの動翼に対応して各々静翼が設けられる。動翼は鞍型ダブティル型式，ダブルティノン，初段翼長約３５㎜である。車軸間の長さは約５．８ｍ及び静翼部に対応する部分で最も小さい部分の直径は約７１０㎜であり、

直径に対する長さの比は約８．２である。

【００９９】

本実施例においては後述する表６に示す材料を初段ブレード及び初段ノズルを使用し、他のブレード及びノズルはいずれもＷ，Ｃｏ及びＢを含まない１２％Ｃｒ系鋼によって構成したものである。本実施例における動翼の翼部の長さは初段が３５～５０㎜、２段目から最終段になるに従って各段で長くなっており、特に蒸気タービンの出力によって２段から最終段までの長さが６５～１８０㎜であり、段数は９～１２段で、各段の翼部の長さは下流側が上流側に対して隣り合う長さで１．１０～１．１５の割合で長くなっているとともに、下流側でその比率が徐々に大きくなっている。

【０１００】

本実施例における高圧タービンは軸受間距離が約５．３ｍ であり、低圧タービンの最終段動翼の翼部長さに対するその軸受間距離の比が４．８ である。また、発電プラントの定格出力（ＭＷ）に対する前記高圧タービンの軸受間距離（㎜）の比は５．０である。

【０１０１】

中圧蒸気タービンは高圧蒸気タービンより排出された蒸気を再度６２５℃に再熱器によって加熱された蒸気によって高圧蒸気タービンと共に発電機を回転させるもので、３０００回／min の回転数によって回転される。中圧タービンは高圧タービンと同様に中圧内部第２車室２１と中圧外部車室２２とを有し、中圧動翼１７と対抗して静翼が設けられる。動翼１７は６段で２流となり、中圧車軸（中圧ロータシャフト）の長手方向に対しほぼ対称に左右に設けられる。軸受中心間距離は約５．８ｍ であり、初段翼長さ約１００㎜，最終段翼長さ約２３０㎜である。初段，２段のダブティルは逆クリ型である。最終段動翼前の静翼に対応するロータシャフトの直径は約６３０㎜であり、その直径に対する軸受間距離の比は約９．２倍である。

【０１０２】

本実施例の中圧蒸気タービンのロータシャフトは動翼植込み部の軸方向幅が初段から４段，５段及び最終段に従って３段階で段階的に大きくなっており、最終段での幅は初段に対して約１．４倍と大きくなっている。

【０１０３】

また、本蒸気タービンのロータシャフトは静翼部に対応した部分の直径が小さくなっており、その幅は初段動翼，２～３段及び最終段動翼側に従って４段階で段階的に小さくなっており、前者に対する後者の軸方向の幅が約０．７５ 倍と小さくなる。

【０１０４】

本実施例においては後述する表６に示す材料を初段ブレード，ノズルに使用される他はＷ，Ｃｏ及びＢを含まない１２％Ｃｒ系鋼が用いられる。本実施例における動翼の翼部の長さは初段から最終段になるに従って各段で長くなっており、蒸気タービンの出力によって初段から最終段までの長さが６０～３００㎜で、６～９段で、各段の翼部の長さは下流側が上流側に対して隣り合う長さで１．１～ １．２の割合で長くなっている。

【０１０５】

動翼の植込み部は静翼に対応する部分に比較して直径が大きくなっており、その幅は動翼の翼部長さの大きい程その植込み幅は大きくなっている。その幅の動翼の翼部長さに対する比率は初段から最終段で０．３５～０．８であり、初段から最終段になるに従って段階的に小さくなっている。

【０１０６】

本実施例における中圧タービンは、その軸受間距離が約５．５ｍであり、低圧 タービンの最終段動翼の翼部長さに対する中圧タービンの軸受間距離の比が5.0 であり、また、発電プラントの定格出力（ＭＷ）に対するその軸受間距離（㎜）の比が５．２である。

【０１０７】

高圧タービンの初段に植込まれるタービン翼は鞍型の植込みを有し、また高圧タービンの２段以降及び中圧タービンの全段に植込まれるタービン翼は逆クリスマスツリー型である。

【０１０８】
図１４は低圧タービンの断面図である。低圧タービンは２基タンデムに結合され、ほぼ同じ構造を有している。各々動翼４１は左右に８段あり、左右ほぼ対称になっており、また動翼に対応して静翼４２が設けられる。最終段動翼には実施例２に示した翼部長さが４６インチである蒸気タービン翼を用いた。ノズルボックス４５は複流型である。
【０１０９】
ロータシャフト４４には表４に示すスーパークリーンされた全焼戻しベーナイト鋼の鍛鋼が用いられる。表４に示す鋼は５kgの鋼塊を用い各種特性を調べた。これらの鋼は熱間鍛造後８４０℃×３ｈ加熱後、１００℃／ｈで冷却する焼入れ後、５７５℃×３２ｈ加熱する焼戻しを施したものである。表５は室温の特性である。
【０１１０】
【表４】

表 4

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Sn	Al	As	Sb	その他
1	0.25	0.04	0.16	0.013	0.004	3.77	2.08	0.43	0.13	0.005	0.009	0.004	<0.0005	
2	0.27	0.04	0.15	0.012	0.004	3.35	1.97	0.43	0.12	0.004	0.002	0.003	〃	
3	0.26	0.04	0.15	0.011	0.011	4.15	1.95	0.45	0.14	0.005	0.005	0.004	〃	
4	0.26	0.05	0.15	0.011	0.011	3.78	2.35	0.43	0.13	0.005	0.007	0.004	〃	
5	0.23	0.04	0.15	0.010	0.010	3.75	1.98	0.42	0.13	0.004	0.008	0.003	〃	Nb 0.02
6	0.25	0.05	0.10	0.010	0.011	3.75	1.75	0.40	0.15	0.005	0.007	0.004	〃	

【０１１１】
【表５】

表　5

No.	0.02%耐力 (kg／mm²)	0.2%耐力 (kg／mm²)	引張強さ (kg／mm²)	伸び (%)	絞り (%)	衝撃値 (kg－m)	FATT (℃)
1	82.6	93.6	106.6	19.8	66.1	13.8	－27
2	82.5	94.2	107.2	20.1	64.2	15.5	－23
3	83.4	93.9	106.8	19.2	63.9	12.3	－59
4	79.9	89.3	102.8	19.7	61.9	11.2	－39
5	84.2	95.4	107.9	18.9	64.2	10.6	－55
6	83.9	94.8	107.6	19.5	64.0	14.5	－20

【０１１２】
いずれの試料も全焼戻しベーナイト組織を有する。０.０２％耐力８０kg／mm²以上，０.２％耐力８７.５kg／mm²以上，引張強さ１００kg／mm² 以上，Ｖノッチ衝撃値１０kg－m以上，ＦＡＴＴは－２０℃以下と高強度及び高靭性を有し、本実施例の最終段動翼として翼部長さ４３インチ以上は勿論、４６インチの植設を満足するものであった。Ｃｒ量が若干高いNo.４は強度が低くなっており、Ｃｒは２.２０％位までが好ましい。特に、０.２％耐力(ｙ）は０.０２％耐力　（ｘ）より、（１.３５ｘ－２０）、より（１.３５ｘ－１９）によって求められる値以上とするのが好ましい。更に、引張強さ(ｙ）は０.２％耐力（ｘ）より、ｙ＝０.８９ｘ＋２２.２～２４.２ によって求められる値の範囲内とするのが好ましい。
【０１１３】
最終段以外の動翼及び静翼にはいずれもＭｏを０.１％ 含有する１２％Ｃｒ鋼が用いられる。内外部ケーシング材にはＣ０.２５％ の鋳鋼が用いられる。本実施例における軸受４３での中心間距離は７５００mmで、静翼部に対応するロータシャフトの直径は約１２８０mm，動翼植込み部での直径は２２７５mmである。このロータシャフト直径に対する軸受中心間の距離は約５.９ である。
【０１１４】
蒸気中の水滴によるエロージョンを防止するためのエロージョンシールド５４には重量で、Ｃ１.０％，Ｃｒ２８.０％及びＷ４.０％ を含むＣｏ基合金のステライト板を電子ビーム溶接で接合した。コンティニュアスカバー５７は本実施例においては全体一体の鍛造後に切削加工によって形成されたものである。尚、コンティニュアスカバー５７は機械的に一体に形成することもできる。
【０１１５】
本実施例の低圧タービンは動翼植込み部の軸方向の幅が初段～３段，４段，５段，６～７段及び８段の４段階で徐々に大きくなっており、最終段の幅は初段の幅に比べ約２.５倍と大きくなっている。
【０１１６】
また、静翼部に対応する部分の直径は小さくなっており、その部分の軸方向の幅は初段動翼側から５段目，６段目及び７段目の３段階で徐々に大きくなっており、最終段側の幅は初段と２段の間に対して約１.９倍大きくなっている。
【０１１７】
本実施例における動翼は８段であり、その翼部長さは初段の約３″から４３″の最終段になるに従って各段で長くなっており、蒸気タービンの出力によって初段から最終段の長さが９０～１２７０mmで、８段又は９段で、各段の翼部長さは下流側が上流側に対して隣り合う長さで１.３～１.６倍の割合で長くなっている。

【０１１８】
動翼の植込み部は静翼に対応する部分に比較して直径が大きくなっており、その幅は動翼の翼部長さの大きい程その植込み幅は大きくなっている。その幅の動翼の翼部長さに対する比率は初段から最終段で０．１５～０．１９であり、初段から最終段になるに従って段階的に小さくなっている。
【０１１９】
また、各静翼に対応する部分のロータシャフトの幅は初段と２段目との間から最終段とその手前との間までの各段で段階的に大きくなっている。その幅の動翼の翼部長さに対する比率は０．２５～１．２５で上流側から下流側になるに従って小さくなっている。
【０１２０】
本実施例における低圧タービンはタンデムに２台連結され、その合計の軸受間距離は約１８．３ｍ であり、低圧タービンの最終段動翼の翼部長さに対するタンデムに結合した２台の前記低圧タービンの軸受間距離の合計の比が１６．７ であり、更に発電プラントの定格出力１０５０（ＭＷ）に対するタンデムに結合した２台の両端での低圧タービンの軸受間距離（㎜）の合計の比が１７．４である。
本実施例の他、高圧蒸気タービン及び中圧蒸気タービンへの蒸気入口温度610 ℃，２基の低圧蒸気タービンへの蒸気入口温度３８５℃とする１０００ＭＷ級大容量発電プラントに対しても同様の構成とすることができる。
【０１２１】
本実施例における高温高圧蒸気タービンプラントは主として石炭専焼ボイラ，高圧タービン，中圧タービン，低圧タービン２台，復水器，復水ポンプ，低圧給水加熱器系統，脱気器，昇圧ポンプ，給水ポンプ，高圧給水加熱器系統などより構成されている。すなわち、ボイラで発生した超高温高圧蒸気は高圧タービンに入り動力を発生させたのち再びボイラにて再熱されて中圧タービンへ入り動力を発生させる。この中圧タービン排気蒸気は、低圧タービンに入り動力を発生させた後、復水器にて凝縮する。この凝縮液は復水ポンプにて低圧給水加熱器系統，脱気器へ送られる。この脱気器にて脱気された給水は昇圧ポンプ，給水ポンプにて高圧給水加熱器へ送られ昇温された後、ボイラへ戻る。
【０１２２】
ここで、ボイラにおいて給水は節炭器，蒸発器，過熱器を通って高温高圧の蒸気となる。また一方、蒸気を加熱したボイラ燃焼ガスは節炭器を出た後、空気加熱器に入り空気を加熱する。ここで、給水ポンプの駆動には中圧タービンからの抽気蒸気にて作動する給水ポンプ駆動用タービンが用いられている。
【０１２３】
このように構成された高温高圧蒸気タービンプラントにおいては、高圧給水加熱器系統を出た給水の温度が従来の火力プラントにおける給水温度よりもはるかに高くなっているため、必然的にボイラ内の節炭器を出た燃焼ガスの温度も従来のボイラに比べてはるかに高くなってくる。このため、このボイラ排ガスからの熱回収をはかりガス温度を低下させないようにする。
【０１２４】
また、本実施例に代えて同じ高圧タービン及び中圧タービンの各々に対し１基の低圧タービンをタンデムに連結し、各々に１台の発電機を連結して発電するタンデムコンパウンド型発電プラントとしても同様に構成することができる。本実施例の出力１０５０ＭＷ級の発電機においてはその発電機シャフトとしてはより高強度のものが用いられる。特に、Ｃ０．１５～０．３０％，Ｓｉ０．１～０．３％，Ｍｎ０．５％以下，Ｎｉ３．２５～４．５％，Ｃｒ２．０５～３．０％，Ｍｏ0.25 ～０．６０％,Ｖ０．０５～０．２０％を含有する全焼戻しベーナイト組織を有し、室温引張強さ９３ｋｇｆ／㎟以上、特に１００ｋｇｆ／㎟以上，５０％ＦＡＴＴが０℃以下、特に－２０℃以下とするものが好ましく、２１．２ＫＧ における磁化力が９８５ＡＴ／cm以下とするもの、不純物としてのＰ，Ｓ，Ｓｎ，Ｓｂ，Ａｓの総量を０．０２５％以下，Ｎｉ／Ｃｒ比を２．０以下とするものが好ましい。
【０１２５】

高圧タービンシャフトは多段側の初段ブレード植設部を中心に９段のブレードが植設される構造である。中圧タービンシャフトは多段ブレードが左右に各６段ほぼ対称にブレード植設部が設けられ、ほぼ中心を境にしたものである。低圧タービン用ロータシャフトは図示されていないが、高圧，中圧，低圧タービンのいずれのロータシャフトにおいても中心孔が設けられ、この中心孔を通して超音波検査，目視検査及びけい光探傷によって欠陥の有無が検査される。また、外表面から超音波検査により行うことができ、中心孔が無でもよい。

【０１２６】

表６は本実施例の発電プラントに係る高圧タービン，中圧タービン及び低圧タービンの主要部に用いた化学組成（重量％）を示す。本実施例においては、高圧部及び中圧部の高温部を全部フェライト系の結晶構造を有する熱膨張係数約１２×１０$^{-6}$／℃のものにしたので、熱膨張係数の違いによる問題は全くなかった。高圧タービン及び中圧タービンのロータシャフトは、表６に記載の耐熱鋳鋼を電気炉で３０トン溶解し、カーボン真空脱酸し、金型鋳型に鋳込み、鍛伸して電極棒を作製し、この電極棒として鋳鋼の上部から下部に溶解するようにエレクトロスラグ再溶解し、ロータ形状（直径１０５０㎜，長さ３７００㎜）に鍛伸して成型した。この鍛伸は、鍛造割れを防ぐために、１１５０℃以下の温度で行った。またこの鍛鋼を焼鈍熱処理後、１０５０℃に加熱し水噴霧冷却焼入れ処理，５７０℃及び６９０℃で２回焼戻しを行い、最終形状に切削加工によって得られるものである。本実施例においてはエレクトロスラグ鋼塊の上部側を初段翼側にし、下部を最終段側にするようにした。いずれのロータシャフトも中心孔を有しており、不純物を低下させることにより中心孔をなくすことができる。

【０１２７】

高圧部及び中圧部のブレード及びノズルは、同じく表６に記載の耐熱鋼を真空アーク溶解炉で溶解し、ブレード及びノズル素材形状（幅１５０㎜，高さ５０㎜，長さ１０００㎜）に鍛伸して成型した。この鍛伸は、鍛造割れを防ぐために、１１５０℃以下の温度で行った。またこの鍛鋼を１０５０℃に加熱し油焼入れ処理，６９０℃で焼戻しを行い、次いで所定形状に切削加工したものである。

【０１２８】

高圧部及び中圧部の内部ケーシング，主蒸気止め弁ケーシング及び蒸気加減弁ケーシングは、表６に記載の耐熱鋳鋼を電気炉で溶解し、とりべ精錬後、砂型鋳型に鋳込み作製した。鋳込み前に、十分な精錬及び脱酸を行うことにより、引け巣等の鋳造欠陥のないものができた。このケーシング材を用いた溶接性評価は、ＪＩＳ　Ｚ３１５８に準じて行った。予熱，パス間及び後熱開始温度は２００℃に、後熱処理は４００℃×３０分にした。本発明材には溶接割れが認められず、溶接性が良好であった。

【０１２９】

【表６】

表 6

(wt.%) psil-14

	主要部品名	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	N	Co	B	その他	Cr当量	摘要
高圧部及び中圧部	ロータシャフト	0.11	0.03	0.52	0.49	10.98	0.19	2.60	0.21	0.07	0.019	2.70	0.015	—	5.11(≦9.5)	鍛鋼
	ブレード(初段)	0.10	0.04	0.47	0.51	11.01	0.15	2.62	0.19	0.08	0.020	2.81	0.016	—	5.07(≦10)	〃
	ノズル(初段)	0.09	0.04	0.55	0.59	10.50	0.14	2.54	0.18	0.06	0.015	2.67	0.013	—	4.54(〃)	〃
	内部ケーシング	0.12	0.19	0.50	0.68	8.95	0.60	1.68	0.18	0.06	0.040	—	0.002	—	7.57	鋳鋼
	外部ケーシング	0.12	0.21	0.32	0.08	1.51	1.22	—	0.22	—	—	—	0.0007	Ti 0.05 Al 0.010	—	〃
	内部ケーシング締付ボルト	0.11	0.10	0.50	0.60	10.82	0.23	2.80	0.23	0.08	0.021	3.00	0.020	—	4.72	鍛鋼
低圧部	ロータシャフト	0.25	0.03	0.04	3.68	1.75	0.36	—	0.13	—	—	—	—	—	—	〃
	ブレード(最終段以外)	0.11	0.20	0.53	0.39	12.07	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	〃
	ノズル	0.12	0.18	0.50	0.43	12.13	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	〃
	内部ケーシング	0.25	0.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	鋳鋼
	外部ケーシング	0.24	0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	〃
	主蒸気止め弁ケーシング	0.10	0.19	0.48	0.65	8.96	0.60	1.62	0.20	0.05	0.042	—	0.002	—	8.56	〃
	蒸気加減弁ケーシング	0.12	0.21	0.52	0.63	9.00	0.63	1.70	0.17	0.06	0.039	—	0.001	—	7.97	〃

【０１３０】

表７は、上述したフェライト系鋼製高温蒸気タービン主要部材を切断調査した機械的性質及び熱処理条件を示す。

【０１３１】

このロータシャフトの中心部を調査した結果、高圧，中圧，高中圧タービンロータに要求される特性（６２５℃，10^5ｈ強度≧１０kgf／mm^2，２０℃衝撃吸収エネルギー≧１．５kgf－m)を十分満足することが確認された。これにより、６２０℃以上の蒸気中で使

用可能な蒸気タービンロータが製造できることが実証された。

【０１３２】

またこのブレードの特性を調査した結果、高圧，中圧タービンの初段ブレードに要求される特性（６２５℃，10^5ｈ強度≧１５ｋｇｆ／mm^2）を十分満足することが確認された。これにより、６２０℃以上の蒸気中で使用可能な蒸気タービンブレードが製造できることが実証された。

【０１３３】

さらにこのケーシングの特性を調査した結果、高圧，中圧，高中圧タービンケーシングに要求される特性（６２５℃，10^5ｈ強度≧１０ｋｇｆ／mm^2，２０℃衝撃吸収エネルギー≧１ｋｇｆ－ｍ）を十分満足することと溶接可能であることが確認された。これにより、６２０℃以上の蒸気中で使用可能な蒸気タービンケーシングが製造できることが実証された。

【０１３４】

【表７】

表 7

主要部品名		引張強さ (kgf/mm²)	0.2%耐力 (kgf/mm²)	伸び (%)	絞り (%)	衝撃値 (kgf-m)	FATT (%)	10^5hクリープ破断強度 (kgf/mm²) 625℃	575℃	450℃	熱処理条件
高圧部及び中圧部	ロータシャフト	90.5	76.6	20.6	66.8	3.8	40	17.0	—	—	1050℃×15h水噴霧冷却,570℃×20h炉冷,690℃×20h炉冷
	ブレード（初段）	93.4	81.5	20.9	69.8	4.1	—	18.1	—	—	1075℃×1.5h 油却,740℃×5h 空冷
	ノズル（初段）	93.0	80.9	21.4	70.3	4.8	—	17.8	—	—	1050℃×1.5h 油却,690℃×5h 空冷
	内部 ケーシング	79.7	60.9	19.8	65.3	5.3	—	11.2	—	—	1050℃×8h 衝風冷,600℃×20h 炉冷,730×10h 炉冷
	外部 ケーシング	69.0	53.8	21.4	65.4	1.5	—	—	12.5	—	1050℃×8h 衝風冷,725℃×10h 炉冷
	内部 ケーシング ボルト	107.1	91.0	19.5	88.7	2.0	—	18.0	—	—	1075℃×2h 油却,740℃×5h 空冷
低圧部	ロータシャフト	91.8	80.0	22.0	70.1	19.1	−50	—	—	36	950℃×30h 水噴霧冷却,605℃×45h 炉冷
	ブレード（最終段以外）	80.0	66.0	22.1	67.5	3.5	—	—	—	27	950℃×1.5h 油却,650℃×5h 空冷
	ノズル	79.8	65.7	22.4	69.6	3.8	—	—	—	26	950℃×1.5h 油却,650℃×5h 空冷
	内部 ケーシング	41.5	22.2	22.2	81.0	—	—	—	—	—	—
	外部 ケーシング	41.1	20.3	24.5	80.5	—	—	—	—	—	〃
主蒸気止め弁 ケーシング		77.0	61.0	18.6	65.0	2.5	—	11.2	—	—	1050℃×8h 衝風冷,600℃×20h 炉冷,730℃×10h 炉冷
蒸気加減弁 ケーシング		77.5	61.6	18.2	64.8	2.4	—	11.0	—	—	1050℃×8h 衝風冷,600℃×20h 炉冷,730℃×10h 炉冷

【０１３５】
本実施例においては、高圧及び中圧ロータシャフトのジャーナル部にＣｒ－Ｍｏ低合金鋼を肉盛溶接し、軸受特性を改善させた。肉盛溶接は次の通りである。
【０１３６】
供試溶接棒として被覆アーク溶接棒(直径４.０φ）を用いた。その溶接棒を用いて溶接したものの溶着金属の化学組成（重量％）を表８に示す。この溶着金属の組成は溶接材の組成とほぼ同じである。溶接条件は溶接電流１７０Ａ，電圧２４Ｖ，速度２６cm／minであ

る。
【０１３７】
【表８】

表　８

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Fe
A	0.06	0.45	0.65	0.010	0.011	－	7.80	0.50	残部
B	0.03	0.65	0.70	0.009	0.008	－	5.13	0.53	〃
C	0.03	0.79	0.56	0.009	0.012	0.01	2.34	1.04	〃
D	0.03	0.70	0.90	0.007	0.016	0.03	1.30	0.57	〃

【０１３８】
肉盛溶接を上述の供試母材表面に表９に示すごとく、各層ごとに使用溶接棒を組合せて、８層の溶接を行った。各層の厚さは３～４mmであり、全厚さは約２８mmであり、表面を約５mm研削した。
【０１３９】
溶接施工条件は、予熱，パス間，応力除去焼鈍（ＳＲ）開始温度が２５０～３５０℃及びＳＲ処理条件は６３０℃×３６時間保持である。
【０１４０】
【表９】

表　９

１層目	２層目	３層目	４層目	５層目	６層目	７層目	８層目
A	B	C	D	D	D	D	D

【０１４１】
溶接部の性能を確認するために板材に同様に肉盛溶接し、１６０°の側曲げ試験を行ったが、溶接部に割れは認められなかった。
【０１４２】
更に、本発明における回転による軸受摺動試験を行ったが、いずれも軸受に対する悪影響もなく、耐酸化性に対しても優れたものであった。
【０１４３】
本実施例に代えて高圧蒸気タービン，中圧蒸気タービン及び１基又は２基の低圧蒸気タービンをタンデムに結合し、３０００回転としたタンデム型発電プラント及び表３のタービン構成Ｂにおいても本実施例の高圧タービン，中圧タービン及び低圧タービンを同様に組合せて構成できるものである。
【０１４４】
本実施例では高圧，中圧タービンの蒸気温度が６２５℃と高温のものであるが、５３８℃及び５６６℃においてはこれらのタービンのロータシャフト材はASTM－Ａ４７０のＣｒＭｏＶ鋼が用いられ、低圧タービンには本実施例と同様に用いられる。
【０１４５】
〔実施例４〕
表１０は本発明に係るマルテンサイト鋼を用いた蒸気温度６００℃，定格出力７００MW蒸気タービンの主な仕様である。本実施例は、タンデムコンパウンドダブルフロー型、低

圧タービンにおける最終段翼長が４６インチであり、ＨＰ（高圧)・ＩＰ（中圧）一体型及びＬＰ１台（Ｃ）又は２台（Ｄ）で３０００rpmの回転数を有し、高温部においては表に示す主な材料によって構成される。高圧部(ＨＰ)の蒸気温度は６００℃，２５０kgｆ／cm^2 の圧力であり、中圧部(ＩＰ)の蒸気温度は６００℃に再熱器によって加熱され、４５～６５kgｆ／cm^2 の圧力で運転される。低圧部（ＬＰ）は蒸気温度は４００℃で入り、１００℃以下，
７２２mmＨｇの真空で復水器に送られる。

【０１４６】

本実施例における高圧タービンと中圧タービンとを一体にした高中圧一体タービン及び２台の低圧タービンをタンデムに備えた蒸気タービン発電プラントは、軸受間距離が約２２.７mであり、その低圧タービンの最終段動翼の翼部長さ　（１１６８mm）に対する高中圧一体タービンの軸受間距離及びタンデムに結合した２台の前記低圧タービンの軸受間距離の合計の比が１９.４ であり、また発電プラントの定格出力１０５０MWにおける１MWに対する高中圧一体タービンの軸受間距離及びタンデムに結合した２台の低圧タービンの軸受間距離の合計距離（mm）の比が２１.６である。

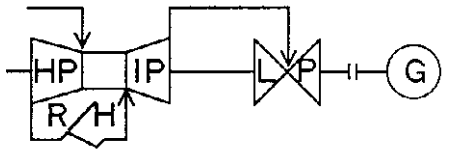
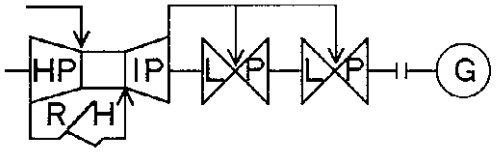
【０１４７】

更に、本実施例における高圧タービンと中圧タービンとを一体にした高中圧一体タービン及び１台の低圧タービンを備えた蒸気タービン発電プラントは、軸受間距離が約１４.７mであり低圧タービンの最終段動翼の翼部長さ（１１６８mm)に対する高中圧一体タービンの軸受間距離及び１台の前記低圧タービンの軸受間距離の合計の比が１２.６ である。また発電プラントの定格出力７００MWにおける１MWに対する高中圧一体タービンの軸受間距離及び１台の前記低圧タービンの軸受間距離の合計の比が２１.０である。

【０１４８】

【表１０】

表　１０

タービン形式		ＴＣＤＦ－４６
回転数		３０００／３０００ＲＰＭ
蒸気条件		２５ＭＰａ－６００℃／６００℃
タービン構成	C	
	D	
初段翼構造		２テノン鞍形ダブティル翼
最終段翼		高強度１２Ｃｒ鍛鋼製４６インチ長翼
主蒸気止め弁ボデー 蒸気加減弁ボデー		高強度１２Ｃｒ鍛鋼
高中圧ロータ 低圧ロータ		高強度１２Ｃｒ鍛鋼 ３．５Ｎｉ－Ｃｒ－Ｍｏ－Ｖ鍛鋼
高温部動翼		初段　高強度１２Ｃｒ鍛鋼
高中圧車室	内部	高強度９Ｃｒ鋳鋼
	外部	高強度Ｃｒ－Ｍｏ－Ｖ－Ｂ鋳鋼
熱効率(定格出力時，発電端)		４７．１％

（ＴＣＤＦ：タンデムコンパウンドダブルフロー排気，ＨＰ：高圧部，ＩＰ：中圧部，ＬＰ：低圧部，Ｒ／Ｈ：再熱器(ボイラ)）

【０１４９】

図１５は高圧中圧一体型蒸気タービンの断面構成図である。高圧側蒸気タービンは高圧内部車室１８とその外側の高圧外部車室１９内に高圧動翼１６を植設した高中圧車軸（高圧ロータシャフト）３３が設けられる。前述の高温高圧の蒸気は前述のボイラによって得られ、主蒸気管を通って、主蒸気入口を構成するフランジ，エルボ２５より主蒸気入口２８を通り、ノズルボックス３８より初段の動翼に導かれる。蒸気はロータシャフトの中央側より入り、軸受側に流れる構造を有する。動翼は図中左側の高圧側に８段及び(図中右側約半分の)中圧側に６段設けられる。これらの動翼に対応して各々静翼が設けられる。動翼は鞍型又はゲタ型，ダブティル型式，ダブルティノン，高圧側初段翼長約４０㎜，中圧側初段翼長が１００㎜である。軸受４３間の長さは約６．７ｍ 及び静翼部に対応する部分で最も小さい部分の直径は約７４０㎜ であり、直径に対する長さの比は約９．０である。

【０１５０】

高圧側ロータシャフトの初段と最終段の動翼植込み付根部分の幅は初段が最も広く、２段

目～７段目がそれより小さく、初段の０．４０～０．５６倍でいずれも同等の大きさであり、最終段が初段と２～７段目の大きさの間にあり、初段の
０．４６～０．６２倍の大きさである。

【０１５１】

高圧側においてはブレード及びノズルを前述の表６に示す１２％Ｃｒ系鋼によって構成したものである。本実施例における動翼の翼部の長さは初段が３５～５０㎜、２段目から最終段になるに従って各段で長くなっており、特に蒸気タービンの出力によって２段から最終段までの長さが５０～１５０㎜の範囲内であり、段数は７～１２段の範囲内にあり、各段の翼部の長さは下流側が上流側に対して隣り合う長さで１．０５～１．３５倍の範囲内で長くなっているとともに、下流側でその比率が徐々に大きくなっている。

【０１５２】

中圧側蒸気タービンは高圧側蒸気タービンより排出された蒸気を再度６００℃に再熱器によって加熱された蒸気によって高圧蒸気タービンと共に発電機を回転させるもので、３０００rpm の回転数によって回転される。中圧側タービンは高圧側タービンと同様に中圧内部第２車室２１と中圧外部車室２２とを有し、中圧動翼１７と対抗して静翼が設けられる。中圧動翼１７は６段である。初段翼長さ約１３０㎜，最終段翼長さ約２６０㎜である。ダブティルは逆クリ型である。

【０１５３】

中圧蒸気タービンのロータシャフトは動翼植込み付根部の軸方向幅が初段が最も大きく、２段目がそれより小さく、３～５段目が２段目より小さくいずれも同じで、最終段の幅は３～５段目と２段目の間の大きさで、初段の０．４８～0.64倍である。初段は２段目の１．１～１．５倍である。

【０１５４】

中圧側においてはブレード及びノズルを前述の表６に示す１２％Ｃｒ系鋼が用いられる。本実施例における動翼の翼部の長さは初段から最終段になるに従って各段で長くなっており、蒸気タービンの出力によって初段から最終段までの長さが９０～３５０㎜、段数が６～９段の範囲内にあり、各段の翼部の長さは下流側が上流側に対して隣り合う長さで１．１０～１．２５の割合で長くなっている。

【０１５５】

動翼の植込み部は静翼に対応する部分に比較して直径が大きくなっており、その幅は動翼の翼部長さと位置に関係する。その幅の動翼の翼部長さに対する比率は初段が最も大きく、１．３５～１．８０倍，２段目が０．８８～１．１８倍，３～６段目が最終段になるに従って小さくなっており、０．４０～０．６５倍である。本実施例におけるタンデムに結合した２台の低圧タービンを備えた蒸気タービン発電プラント用高中圧一体タービンは、軸受間距離が約５．７ｍ であり、低圧タービンの最終段動翼の翼部長さ（１１６８㎜)に対する軸受間距離の比が５．７であり、またその発電プラントの定格出力１０５０MWにおける１MWに対する高中圧一体タービンの軸受間距離（㎜）の比が６．４である。

【０１５６】

本実施例においても、軸受部には実施例３と同様に低合金鋼の肉盛溶接層が設けられる。

【０１５７】

図１６は低圧タービンの断面図である。低圧タービンは１基又はタンデムに２基あり、いずれも高中圧タービンにタンデムに結合される。動翼４１は左右に６段あり、左右ほぼ対称になっており、また動翼に対応して静翼４２が設けられる。最終段の動翼長さは４６インチあり、実施例２に示す高強度１２％Ｃｒ鋼からなる蒸気タービン翼が使用される。本実施例で用いられる動翼の形状は実施例２の図８及び図９に示すものであり、翼部先端でのねじれ角度についても同様である。ロータシャフト４３は実施例３と同様にスーパークリーン材の全焼戻しベーナイト組織を有する鍛鋼が用いられる。最終段とその前段以外の動翼及び静翼にはいずれもＭｏを０．１％ 含有する１２％Ｃｒ鋼が用いられる。内外部ケーシング材にはＣ０．２５％ の前述の組成の鋳鋼が用いられる。本実施例における軸受４３での中心間距離は８ｍで、静翼部に対応するロータシャフトの直径は約800 ㎜，動翼植

込み部での直径は各段同じである。静翼部に対応するロータシャフト直径に対する軸受中心間の距離は１０倍である。

【０１５８】

本実施例においてもロータシャフトには動翼の植込み部が設けられる。実施例３と同様に最終段のダブティルにはフォーク型の他に逆クリスマスツリー型も同様に用いられる。

【０１５９】

低圧タービンは動翼植込み付根部の軸方向の幅が初段が最も小さく、下流側に従って２，３段が同等、４段，５段が同等で４段階で徐々に大きくなっており、最終段の幅は初段の幅に比べ６．２～７．０倍と大きくなっている。２，３段は初段の１．１５～１．４０倍、４，５段が２，３段の２．２～２．６倍、最終段が４，５段の２．８～３．２倍となっている。付根部の幅は末広がりの延長線とロータシャフトの直径とを結ぶ点で示す。

【０１６０】

本実施例における動翼の翼部長さは初段の４″から４６″の最終段になるに従って各段で長くなっており、蒸気タービンの出力によって初段から最終段の長さが１００～１２７０mmの範囲内で、最大で８段で、各段の翼部長さは下流側が上流側に対して隣り合う長さで１．２～１．９倍の範囲内で長くなっている。

【０１６１】

動翼の植込み付根部は静翼に対応する部分に比較して直径が大きく末広がりになっており、その幅は動翼の翼部長さの大きい程その植込み幅は大きくなっている。その幅の動翼の翼部長さに対する比率は初段から最終段の前までが０．３０ ～１．５であり、その比率は初段から最終段の前になるに従って徐々に小さくな っており、後段の比率はその１つ手前のものより０．１５～０．４０の範囲内で徐々に小さくなっている。最終段は０．５０～０．６５の比率である。

【０１６２】

本実施例における最終段動翼における平均直径は、３０００rpm 、４３″翼で２５９０mm、３６００rpm 、３６″翼で２１６０mm、３０００rpm 、４６″翼で２６６５mm、３６００rpm 、３８″翼で２２２０mmとした。

【０１６３】

本実施例におけるエロージョンシールド４５は前述と同様にステライト合金板が電子ビーム溶接又はＴＩＧ溶接５６によって接合される。エロージョンシールド５４は湿り蒸気が直接当たる表とその反対の裏側との２個所でエロージョンシールドの全長に渡って溶接される。表側は幅が裏側より大きく、上下端部も溶接される。

【０１６４】

本実施例の他、高中圧蒸気タービンの蒸気入口温度６１０℃以上，低圧蒸気タービンへの蒸気入口温度約４００℃及び出口温度が約６０℃とする１０００MW級大容量発電プラントに対しても同様の構成とすることができる。

【０１６５】

本実施例における高温高圧蒸気タービン発電プラントは主としてボイラ，高中圧タービン，低圧タービン，復水器，復水ポンプ，低圧給水加熱器系統，脱気器，昇圧ポンプ，給水ポンプ，高圧給水加熱器系統などより構成される。すなわち、ボイラで発生した超高温高圧蒸気は高圧側タービンに入り動力を発生させたのち再びボイラにて再熱されて中圧側タービンへ入り動力を発生させる。この高中圧タービン排気蒸気は、低圧タービンに入り動力を発生させた後、復水器にて凝縮する。この凝縮液は復水ポンプにて低圧給水加熱器系統，脱気器へ送られる。この脱気器にて脱気された給水は昇圧ポンプ，給水ポンプにて高圧給水加熱器へ送られ昇温された後、ボイラへ戻る。

【０１６６】

ここで、ボイラにおいて給水は節炭器，蒸発器，過熱器を通って高温高圧の蒸気となる。また一方、蒸気を加熱したボイラ燃焼ガスは節炭器を出た後、空気加熱器に入り空気を加熱する。ここで、給水ポンプの駆動には中圧タービンからの抽気蒸気にて作動する給水ポンプ駆動用タービンが用いられている。

【０１６７】
このように構成された高温高圧蒸気タービンプラントにおいては、高圧給水加熱器系統を出た給水の温度が従来の火力プラントにおける給水温度よりもはるかに高くなっているため、必然的にボイラ内の節炭器を出た燃焼ガスの温度も従来のボイラに比べてはるかに高くなってくる。このため、このボイラ排ガスからの熱回収をはかりガス温度を低下させないようにする。
【０１６８】
本実施例の定格出力１０５０MW級の発電においてその発電機シャフトとしてはより高強度のものが用いられる。特に、Ｃ0.１５～0.３０％，Ｓｉ0.１ ～0.３％，Ｍｎ0.５％以下，Ｎｉ３.２５～４.５％，Ｃｒ２.０５～３.０％，Ｍｏ0.２５～0.６０％，Ｖ0.０５～0.２０％を含有する全焼戻しベーナイト組織を有し、室温引張強さ９３kgｆ／mm^{2}以上，１００kgｆ／mm^{2}以上，５０％ＦＡＴＴが０℃以下、特に－２０℃以下とするものが好ましく、２１.２ＫＧにおける磁化力が９８５ＡＴ／cm以下とするもの、不純物としてのＰ，Ｓ，Ｓｎ，Ｓｂ，Ａｓの総量を0.０２５％以下，Ｎｉ／Ｃｒ比を２.０以下とするものが好ましい。
【０１６９】
前述の表６は本実施例の高中圧タービン及び低圧タービンの主要部に用いた化学組成（重量％）を示す。本実施例においては、高圧側及び中圧側とを一体にしたロータシャフトとして、Ｃ0.１１％，Ｓｉ0.０２％，Ｍｎ0.４５％ ，Ｎｉ0.５０％，Ｃｒ１１.２１％，Ｍｏ0.２５％，Ｗ２.７８％，Ｖ0.２０％ ，Ｎｂ0.０７％，Ｃｏ１.５０％，Ｎ0.０１７％，Ｂ0.０１６％及び残部Ｆｅからなる全焼戻しマルテンサイト組織を有する鋼を使用した他は表６のものを用い、全部フェライト系の結晶構造を有する熱膨張係数１２×１０$^{-6}$／℃のものにしたので、熱膨張係数の違いによる問題は全くなかった。
【０１７０】
前述の耐熱鋳鋼を電気炉で３０トン溶解し、カーボン真空脱酸し、金型鋳型に鋳込み、鍛伸して電極棒を作製し、この電極棒として鋳鋼の上部から下部に溶解するようにエレクトロスラグ再溶解し、ロータ形状（直径１４５０mm，長さ5000mm）に鍛伸して成型した。この鍛伸は、鍛造割れを防ぐために、１１５０℃以下の温度で行った。またこの鍛鋼を焼鈍熱処理後、１０５０℃に加熱し水噴霧冷却焼入れ処理、５７０℃及び６９０℃で２回焼戻しを行った後、所望の形状に切削加工によって得られるものである。他の各部の材料及び製造条件は実施例３と同様である。更に、軸受部２７へのＣｒ－Ｍｏ低合金鋼の肉盛溶接層も実施例３と同様に形成した。
【０１７１】
本実施例におけるタンデムに結合した２台の低圧タービンを備えた蒸気タービン発電プラント用低圧タービンは合計の軸受間距離が１６ｍであり、低圧タービンの最終段動翼の翼部長さ（１１６８mm）に対するタンデムに結合した２台の低圧タービンの軸受間距離の比が１３.７ であり、またその発電プラントの定格出力１０５０MWにおける１MWに対するタンデムに結合した２台の低圧タービンの軸受間距離の合計距離（mm）の比が１５.２である。
【０１７２】
本実施例における高圧タービンと中圧タービンとを一体にした高中圧一体タービン及び１台の低圧タービンを備えた蒸気タービン発電プラント用低圧タービンは軸受間距離が６ｍであり、その低圧タービンの最終段動翼の翼部長さ(1168mm)に対する比が６.８ であり、また１台の低圧タービンの軸受間距離の発電プラントの定格出力７００MWにおける１MWに対する１台の低圧タービンの軸受間距離(mm）の比が１１.４である。
【０１７３】
本実施例における高中圧一体型ロータシャフトは中心孔を有しているが、特に、Ｐ0.０１０％以下，Ｓ0.００５％以下,Ａｓ0.００５％以下,Ｓｎ0.００５％以下，Ｓｂ0.００３％ 以下とする高純化によりその中心孔をなくすことができる。
【０１７４】

尚、蒸気温度として、５３８℃又は５６６℃においても本実施例の低圧タービンをそのまま使用できる。

【０１７５】

【発明の効果】

本発明に係るマルテンサイト鋼によれば、低圧蒸気タービンの最終段翼として要求される引張強さ及び靱性が満足され、その結果、３０００rpm に対して４８インチ以上又は３６００rpm として４０インチ以上の翼部長さを有する長翼を使用した低圧蒸気タービンが達成できる顕著な効果が得られる。そして、蒸気タービン発電プラントとして、より高い熱効率とコンパクト化が達成される顕著な効果が発揮される。

【図面の簡単な説明】

【図１】引張強さとＣ（％）との関係を示す線図。

【図２】引張強さとＭｏ（％）との関係を示す線図。

【図３】引張強さと（Ｍｏ／Ｃ）との関係を示す線図。

【図４】Ｃ量とＭｏ量との関係を示す線図。

【図５】衝撃値とＣ（％）との関係を示す線図。

【図６】衝撃値とＭｏ（％）との関係を示す線図。

【図７】衝撃値と引張強さとの関係を示す線図。

【図８】蒸気タービン翼の正面図。

【図９】蒸気タービン翼の側面図。

【図１０】蒸気タービン翼上端部の平面図。

【図１１】蒸気タービン翼の正面図。

【図１２】蒸気タービン翼の側面図。

【図１３】高圧タービン及び中圧タービンを連結した断面図。

【図１４】低圧タービンの断面図。

【図１５】高中圧タービンの断面図。

【図１６】低圧タービンの断面図。

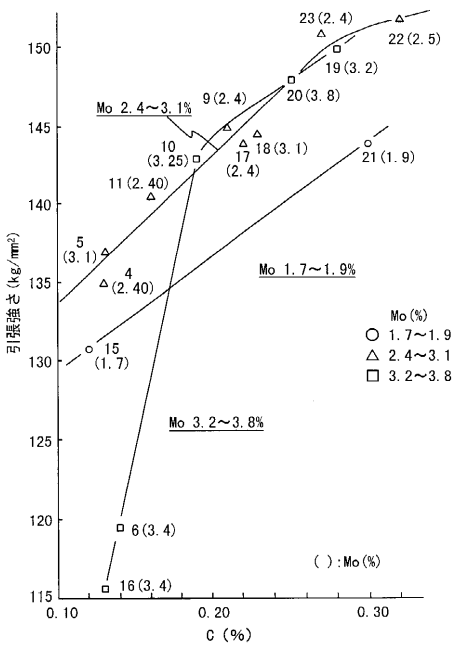
【符号の説明】

１…第１軸受、２…第２軸受、３…第３軸受、４…第４軸受、５…推力軸受、１０…第１シャフトパッキン、１１…第２シャフトパッキン、１２…第３シャフトパッキン、１３…第４シャフトパッキン、１４…高圧隔板、１５…中圧隔板、１６…高圧動翼、１７…中圧動翼、１８…高圧内部車室、１９…高圧外部車室、２０…中圧内部第１車室、２１…中圧内部第２車室、２２…中圧外部車室、２３…高圧車軸、２４…中圧車軸、２５…フランジ，エルボ、２６…前側軸受箱、

２７…軸受部、２８…主蒸気入口、２９…再熱蒸気入口、３０…高圧蒸気排気口、３１…気筒連絡管、３３…高中圧車軸、３８…ノズルボックス（高圧第１段）、３９…推力軸受摩耗遮断装置、４０…暖機蒸気入口、４１…動翼、４２…静翼、４３…軸受、４４…ロータシャフト、５１…翼部、５２…翼植込み部、５３…ピン挿入孔、５４…エロージョンシールド、５５…タイボス、５７…コンティニュアスカバー。

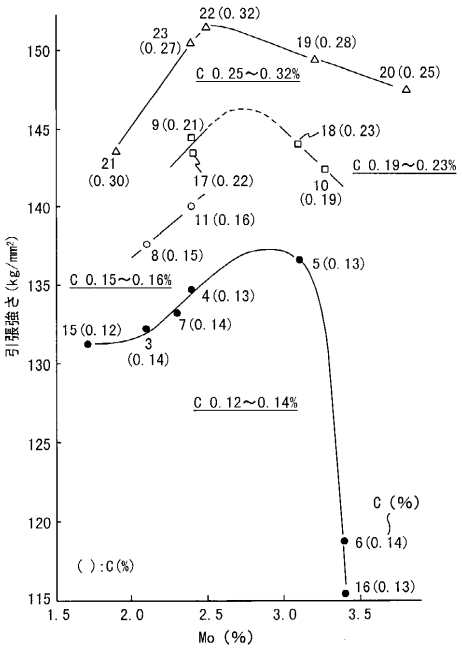
【図１】

図 1



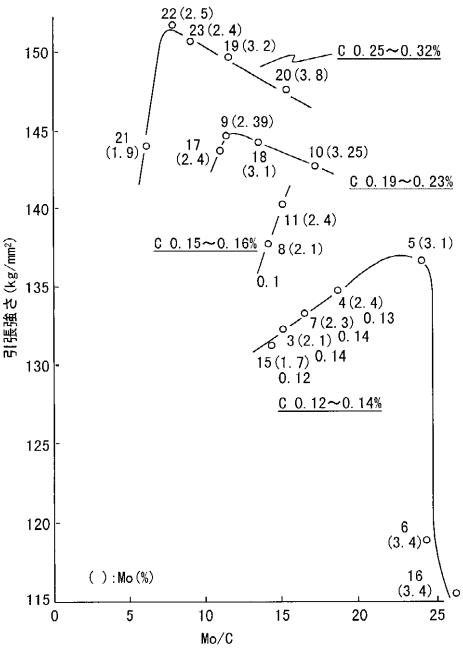
【図２】

図 2



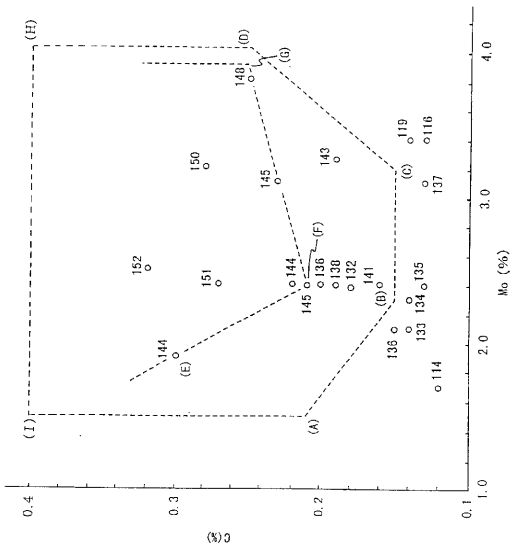
【図３】

図 3



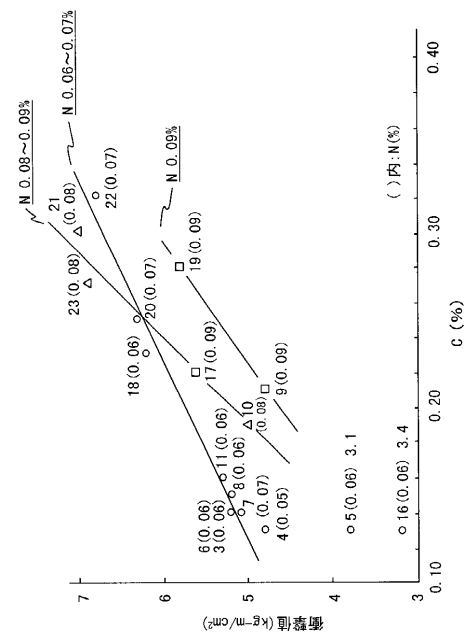
【図４】

図 4



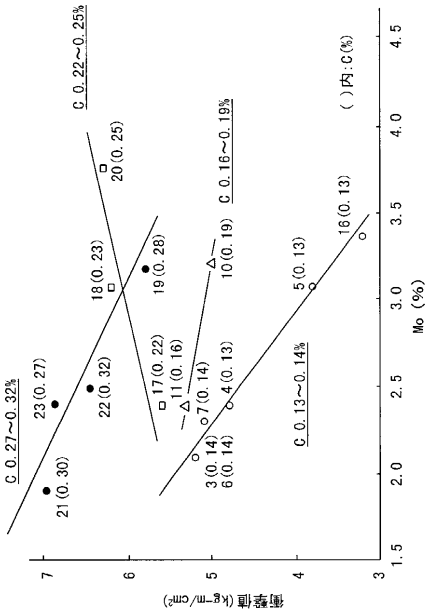
【図５】

図 5



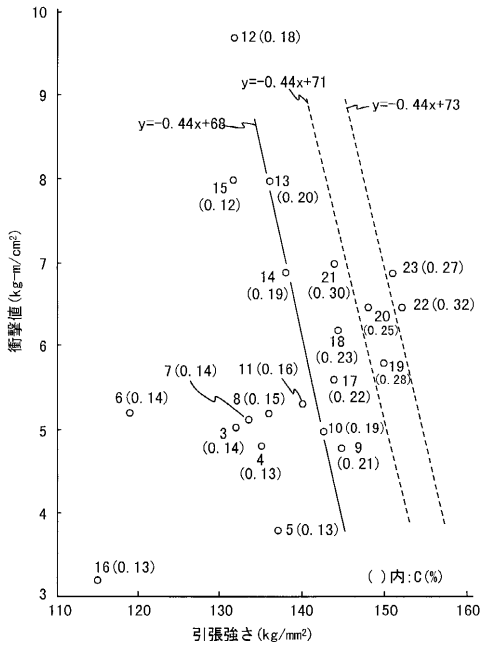
【図６】

図 6



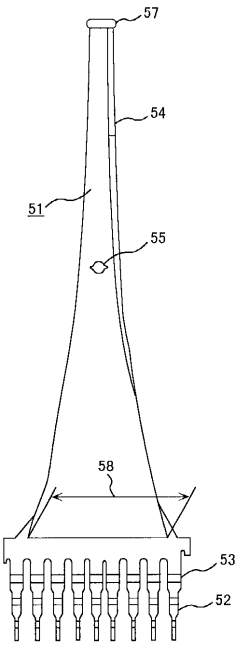
【図７】

図 7



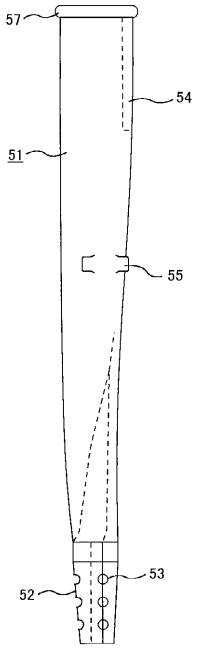
【図８】

図 8



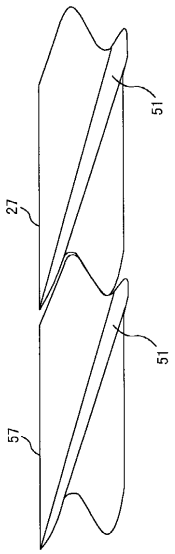
【図９】

図 9



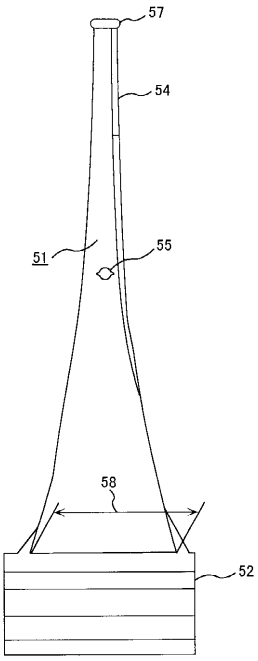
【図１０】

図 10



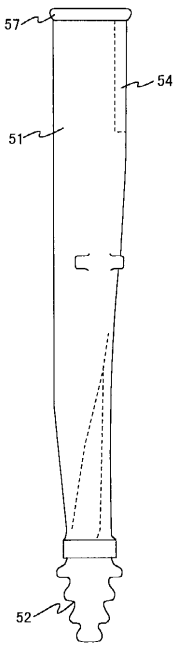
【図１１】

図 11



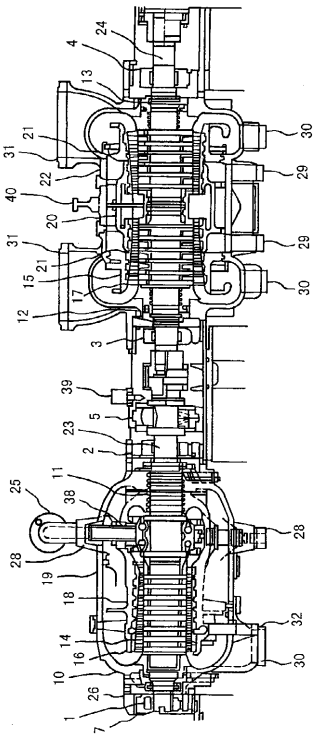
【図１２】

図 12



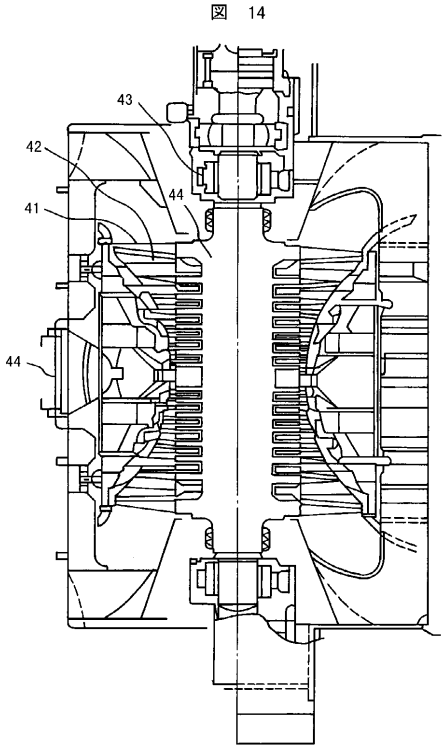
【図１３】

図 13



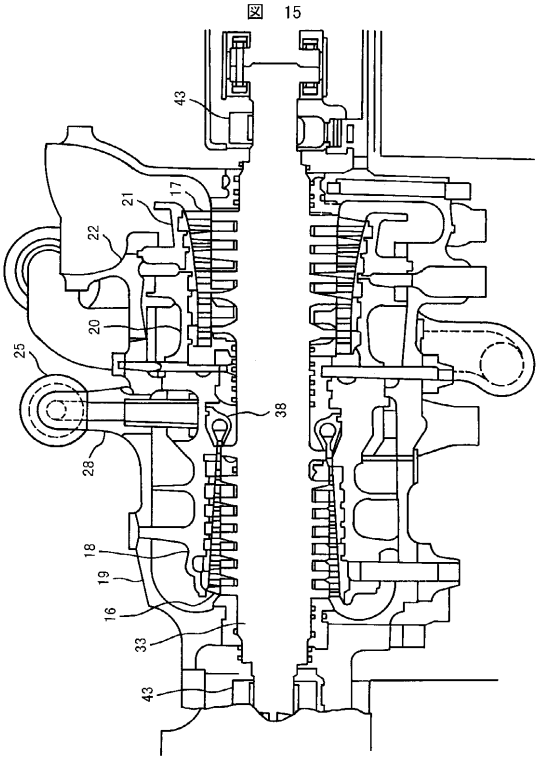
【図１４】

図 14



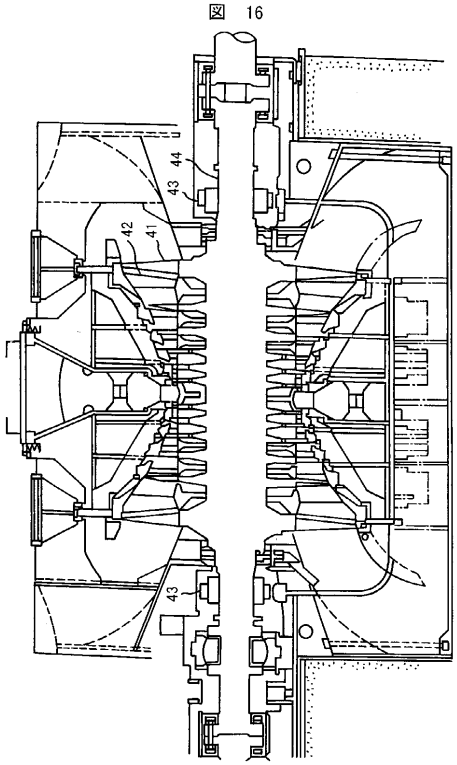
【図１５】

図 15



【図１６】

図 16



フロントページの続き

(72)発明者　小野田　武志
茨城県日立市幸町三丁目１番１号　　株式会社　日立製作所　日立事業所内
(72)発明者　志賀　正男
茨城県日立市弁天町三丁目１０番２号　　日立協和エンジニアリング株式会社内

審査官　鈴木　正紀

(56)参考文献　特開平１１－０６２５０３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－１９２５３６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９７／０３０２７２（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
C22C 38/00　302
C22C 38/48
C22C 38/50