13 Cr 鋳 鋼 の 溶 接 性

再現熱影響部の切欠靱性(その2)

Weldability of 13 Cr Cast Steels



要

旨

含 Ni, Mo 13 Cr 鋳鋼溶接熱影響部の切欠靭性(じんせい)を溶接熱サイクル再現試験法により調査した。 その結果熱サイクル間の冷却温度ならびに後熱開始前の冷却温度と衝撃値の関係などについては, さきに報告した含 Ni 13 Cr 鋳鋼の場合とほぼ同じ傾向を示すことがわかったが, そのほかの結果としては Ac1 点を越える熱サイクルを受けてマルテンサイト組織になったものは 500℃付近よりも低い後熱では切欠靭性は低いが, 600 ~700℃ の後熱, または 700℃ 付近の焼戻熱サイクルを受けると切欠靭性は向上すること,および焼戻脆化(ぜいか)現像はほとんどみられないことなどが明らかとなった。

6

1. 緒 言

筆者らはさきに含 Ni 13 Cr 鋳鋼の再現熱影響部の切欠靭性につい て報告したが⁽¹⁾, それらの結果によればマルテンサイト変態温度域 における冷却速度が小さいほど, また, 多重熱サイクル間の冷却温度 あるいは後熱開始前の温度が Ms 点より Mf 点に近づくほど衝撃値 が高く, また衝撃値は最初の熱サイクルによって生じたマルテンサ イトの焼戻に相当する次の熱サイクルのピーク温度あるいは後熱温 度に依存する傾向が強く, それらの温度が 650℃ 近傍であると脆化 が起こることなどを明らかにした。 今回はさらに Mo が 0.2~0.3% 添加された含 Ni, Mo 13 Cr 鋳鋼について熱サイクル再現装置によ り各種熱サイクルを与えて切欠靭性およびかたさに及ぼす再現熱サ イクルの影響を調査したのでそれらの結果を報告する。

表1 供試13Cr 鋳鋼の化学組成

	С	Si	Mn	Р	S	Cu	Cr	Ni	Mo
13Cr 鋳鋼	0.06	0.52	0.54	0.023	0.009	0.10	11.59	0.88	0.27

2.2.3 保持(後熱開始)温度ならびにパス間温度の影響

1重および3重熱サイクルについて保持ならびに層間温度を

2. 実 験 方 法

2.1 供試材

表1は供試鋳鋼の化学組成で, 焼入および焼戻処理したもので ある。

2.2 実験方法

溶接熱サイクル再現装置を用いて各種熱サイクルを再現させ,最高加熱温度,熱サイクル間の冷却温度ならびに後熱開始前の保持温度,後熱温度などの影響を調べた。試験片としては10mm角,90mm長さのものを用い,これに各種熱サイクルを与えたのち,シャルピ衝撃試験片(2mmU/ッチ)に加工し,0℃で試験した。

2.2.1 再現熱サイクルのピーク温度の影響

再現熱影響部のピーク温度の変化が切欠靭性にどのような影響 を与えるかを1重および2重熱サイクルを与えて調べた。1重熱 サイクルの場合にはピーク温度を650~1,200℃に変化させ、ま た2重熱サイクルは最初1,200℃および850℃の第1熱サイクル を与えたのち、600~950℃の範囲内で第2熱サイクルを与えた場 合について切欠靭性およびかたさに及ぼす影響を調べた。熱サイ クルの冷却速度はいずれも前報(図1の冷却曲線④を参照)と同 様に0.3℃/s(300℃における冷却速度)とした。なお2重熱サイ クルについては熱サイクル間の冷却温度(以下パス間温度と称す) M_s(350℃)~M_f(160℃)点を含む 100~350℃ の温度範囲で変化 させて後熱後の切欠靭性およびかたさに及ぼす影響を調べた。

2.2.4 後熱温度の影響

1重および3重熱サイクルを与えた場合について、後熱温度を 変えて切欠靭性に及ぼす影響を調べた。1重熱サイクルの場合に は保持温度を100℃とし、後熱温度を300~750℃に変化させた。 また3重熱サイクルの場合にはパス間温度および保持温度を200 ℃と350℃に変え、後熱温度を300~600℃とした。

実験結果および検討

3.1 再現熱サイクルのピーク温度の影響

(1) 1重熱サイクルの場合

図1は650~1,200℃の1重熱サイクルを与えた場合の切欠靭



を100℃ および 350℃ の二とおりについて試験した。 2.2.2 多重熱サイクルの影響 1,200~600℃ および 850~500℃ の範囲でそれぞれ 1 ないし 5 重熱サイクルを与えパス間温度は 200℃ および350℃ の二とおり について試験した。

* 日立製作所日立研究所** 日立製作所日立研究所 工学博士

図1 衝撃値およびかたさに及ぼす1重熱サイクルの影響



2重熱サイクルの影響

(第1熱サイクル 850℃)

2 重熱サイクルを与えた場合の顕微鏡組織 (×400) 図 5

性とかたさとの関係を示したものである。ピーク温度が750℃ (Ac1点直下)では焼戻効果が最も大きく衝撃値は最大となり、ま た,850℃(Ac₃点)で最低となる。かたさは800℃を越えると急 激に増加する。衝撃値では700℃以下,かたさでは800℃以下の 最高加熱温度ではいずれも熱サイクルの影響は現われない。この

ーク温度を変えても組織的な変化を生じないので衝撃値および かたさに変化はみられない。パス間温度を100℃にした場合に は衝撃値は700℃にピークを生じ,800℃では最低となり,800℃ を越えると再び増加するが、母材原質部と比較するといずれも かなり低い値を示している。かたさは750℃までは低下するが 3 man 1. 2 1 1 1 1

供試鋳鋼では母材原質部は高い衝撃値を示す	5, Ac ₃ 点付近より 750℃を越えると再び硬化する。図3は2重熱サイクル(第1
高い熱サイクルを受けると撃衝値の低下が大	きい。 熱サイクル 1,200℃)を与えた場合の顕微鏡組織を示したもの
(2) 2重熱サイクルの場合	である。
(i) 第1熱サイクルが1,200℃の場合	(ii) 第1熱サイクルが850℃の場合
図2は第1熱サイクルが1,200℃の場合	○切欠靭性およびか 図4は第1熱サイクルが850℃の場合の切欠靭性およびかた
たさに及ぼす第2熱サイクルのピーク温度	の影響を示したもの さに及ぼす第2熱サイクルのピーク温度の影響を示したもので
である。パス間温度を 350℃ にした場合は	第2熱サイクルのピ ある。パス間温度 350℃ では(i)と同様第2熱サイクルの影響

688

昭和43年8月







図7 3 重熱サイクルを与えた場合の衝撃値および かたさに及ぼすパス間(保持)温度の響影

はほとんどないが、100℃では衝撃値はかなり増加し、第2熱サ イクルが700℃付近では特に増加が著しい。図5は2重熱サイ クル(第1熱サイクル850℃)を与えた場合の顕微鏡組織である。

3.2 保持(後熱開始)温度およびパス間温度の影響

(1) 1重熱サイクルの場合

図6は最高加熱温度1,200℃の1重熱サイクルを与えた場合の 切欠靭性およびかたさに及ぼす保持温度の影響を各後熱温度につ いて図示したものである。 衝撃値はいずれの場合も保持温度を 200℃付近より低くしたほうがいくぶん高い値を示している。 か たさは 500℃ 以下の後熱ではほとんど変化しないが, 600℃ 後熱 では保持温度の低下によりかたさは減少する。

(2) 3 重熱サイクルの場合

図7は3重熱サイクルを与えた場合の切欠靭性およびかたさと パス間温度の関係を示したものである。パス間温度を100℃から しだいに高くしMs点に近づけるほど衝撃値は低下し、かたさは



図9 衝撃値およびかたさに及ぼす多重熱サイクルの影響

生じない。パス間温度100℃の場合には第2熱サイクル以後のピー ク温度によっていろいろな変化を示す。すなわち,①より②の場合 が衝撃値が高くなるのは、②のほうがオーステナイト化のピーク 温度が低いため比較的粒度の微細なオーステナイト粒が得られ, したがって、冷却過程で得られるマルテンサイトも微細になるた めと考えられる。③の場合再び衝撃値は低下している。これは800 ℃で大部分は焼戻マルテンサイトとなるが、一部は再びオーステ ナイト化し,不均一成分のマルテンサイトを生ずるためと考えら れる。④の場合衝撃値は著しく増加する。③で生じた不均一成分で はあるが微細なマルテンサイトが700℃の熱サイクルで微細な焼 戻マルテンサイトとなり、これと③の熱サイクルで残留した焼戻 マルテンサイトが混合した組織となり炭化物の球状化や分散効果 も加わって切欠靭性が向上するものと考えられる。⑤は④にさら に600℃の熱サイクルが加わったものであるが前の700℃の焼戻 熱サイクルよりピーク温度が低いので影響は現われない。かたさ については①,②,③は焼戻効果を受けていないのでほぼ同じ値を 示し、④および⑤は700℃の焼戻熱サイクルを受けて低下する。 (2) 第1熱サイクルが850℃の場合

図9は850℃より500℃までしだいにピーク温度を下げた多重 熱サイクルを与えた場合の切欠靭性およびかたさに及ぼす多重熱 サイクルの影響を示したものである。

この場合パス間温度を350℃とした場合でも②~⑤は①に比べ て衝撃値が高いが、これは850℃の熱サイクルでできた不均一な オーステナイトが800℃以後の熱サイクルで成分が均一化される ことによると考えられる。パス間温度100℃の場合は次のように 考えられる。②のほうが①より衝撃値が高くなるのは第2熱サイ クルにより800℃に加熱され、再びオーステナイトを生ずるが、 一部は焼戻マルテンサイトとして残留するため冷却後の組織は第 2熱サイクルで生じたマルテンサイトと焼戻マルテンサイトから

-

増加する。

3.3 多重熱サイクルの影響

 (1) 第1熱サイクルが1,200℃の場合
 図8は1,200℃より600℃までしだいにピーク温度を下げた多
 重熱サイクルを与えた場合の切欠靭性およびかたさに及ぼす多重
 熱サイクルの影響を示したものである。パス間温度を350℃とし
 た場合は多重熱サイクルを与えても衝撃値およびかたさに変化は

— 8 —



図10 1 重熱サイクルを与えた場合の衝撃値および かたさに及ぼす後熱温度の影響

なるためである。③は②の状態のものが700℃の焼戻熱サイクル を受けたものであるが、衝撃値は大幅に向上し、かたさは低下す る。これは800℃の熱サイクルで得られた微細なマルテンサイ トが700℃で焼き戻されるためと考えられる。④および⑤の熱サ イクルでは600℃および500℃の焼戻熱サイクルが700℃より低 く、また加熱時間がごく短いので明らかな変化はみられない。



熱を熱サイクル再現装置によって与えて試験した。それらの結果を まとめると次のとおりである。

(1) 供試鋳鋼原質部の衝撃値は含Ni 13Cr 鋳鋼に比べるとか なり高いが、Ac₃点付近よりも高い1重熱サイクルを与えた場合 衝撃値の低下が大きく、特にAc₃点付近の場合の低下が著しい。

3.4 後熱温度の影響

14

(1) 1重熱サイクルの場合

図 10 は最高加熱温度 1,200℃ の 1 重熱サイクルを与え, 100℃ に保持したのち 300~700℃ の範囲 で後熱温度を変えた場合の切 欠靭性ならびにかたさを図示したものである。

衝撃値は後熱温度が 500℃ 付近でわずかに低下している以外は 後熱温度が高くなるほど増加の傾向を示す。 なお含 Ni 13 Cr 鋳 鋼の場合に現われた 650℃ 付近の脆化はこの場分には全く認めら れなかった。かたさは含 Ni 13 Cr 鋳鋼の場合と同様に 500℃ を 越えると急激に低下する。

(2) 3重熱サイクルの場合

図11はパス間および保持温度が200℃および350℃の二とお りの3重熱サイクルを与えた場合の切欠靭性およびかたさと後熱 温度との関係を示したものである。衝撃値に対してはいずれも後 熱温度の影響は300~600℃ではほとんどない。これは後熱温度 が700℃の焼戻熱サイクルのピーク温度より低いためと考えられ る。したがってこの場合にはパス間温度による差異のみが現わ れている。

4. 結 言

含 Ni, Mo 13 Cr 鋳鋼溶接熱影響部の切欠靭性に及ぼす溶接熱サイクルの影響を調べるために,種々の再現溶接熱サイクルおよび後

(2) 熱サイクル間の冷却温度(パス間温度)ならびに保持(後熱開始)温度は Ms 点より Mf 点付近まで下げるほど焼戻を受けるマルテンサイト量が多くなり衝撃値は大となる。

(3) パス間温度を M_f 点付近にして多重熱サイクルを与えると 高い衝撃値が得られる。特に 850, 800℃ および 700℃ の 3 重熱サ イクルを与えると母材原質部をはるかに上回る高い衝撃値が得ら れる。

(4) 熱サイクルを受けてマルテンサイト組織となったものは 500℃以下の後熱では衝撃値は低いが,600~700℃の後熱を行な うと向上する。また熱サイクルを受けてマルテンサイト組織とな ったあとにさらに Ac₁ 点以下の多重熱サイクルを受けた場合に は,含 Ni 13 Cr 鋳鋼と同様にそれらのうち最も高いピーク温度の 熱サイクルに支配され,それよりも低い熱サイクルまたは後熱の 影響はほとんど現われない。

(5) この供試鋳鋼では650℃付近の焼戻脆化現象はみられない。

本研究を行なうにあたり,ご指導をいただいた日立製作所日立研 究所根本部長に深く感謝の意を表するとともに,熱心に実験を担当 された二瓶正恭君,種々ご援助いただいた日立製作所勝田工場竹入 工場長,中村課長に厚くお礼申しあげる。

参考文献

(1) 小川, 朝倉, 渡辺: 日立評論 49, 497 (昭 42-4)

