

大阪大学大学院 工学研究科 (学生) ○井原健滋, 土井祐基
大阪大学大学院 工学研究科 黒澤伸隆, 小林紘二郎

Mechanical Properties of CO₂ laser welds for high strength steel sheets
with differential strengthening mechanisms

by Kenji Ihara, Yuki Doi, Nobutaka Kurosawa and Kojiro F. Kobayashi

1. 緒言

自動車製造分野では、複数のブランク材をレーザー溶接によりつなぎ合わせた後に成形するテーラードブランクが注目されている。テーラードブランクでは、溶接部の成形性が重要である。また、成形性は溶接部の硬さと相関があることが知られている。そこで本研究では、強化機構の異なる高張力鋼板のレーザー溶接部及び溶接後熱処理(PWHT)後の硬さ変化を調査した。また、PWHT後の硬さ変化の予測についての検討を行った。

2. 実験方法

供試材にはTable 1に示す化学成分の熱延高張力鋼板(板厚3mm)を用いた。溶接は2.5kWのCO₂レーザーを用いビードオンにて行った。

Table 1 Chemical composition of steels used (mass%)

Mark	C	Si	Mn	Nb	Cr
Steel C	0.14	0.03	1.33	-	-
Steel Nb	0.08	0.10	1.45	0.04	-
Steel Cr	0.05	1.01	1.33	-	0.99

溶接条件は、速度:17~67mm/s, 焦点距離:0mm, シールドガス:0.17l/sArとした。またPWHTは、溶接速度33mm/sの試料について、赤外線加熱炉を用いAr雰囲気中で行った。加熱速度は20K/sとし、所定時間保持後エア吹き付けによる強制冷却を行い、冷却速度20K/sとした。PWHT温度は773K~1073K, 時間は180~18ksに変化させ、組織、硬さへの影響を調べた。

3. PWHT後の硬さ予測

PWHTによる硬さ変化は、アブラミタイプの等温変態の速度式(1)で表されると仮定した。

$$X = 1 - \exp(-(kt)^n) \cdots (1)$$

次に、本研究の熱処理範囲では、単一の活性化エネルギーを持つ素過程と考え、式(2)に示すアレニウスの反応速度式に従うとして、温度依存性を与えた。

$$k = A \exp(-Q/RT) \cdots (2)$$

4. 実験結果および考察

Fig.1に溶融部の硬さに及ぼす溶接速度の影響を示す。Nb鋼は67mm/sまで溶接速度の増加とともに硬さは増加するが、C鋼、Cr鋼は33mm/sまでは硬さは増加するが、それ以上の溶接速度ではあまり増加していない。これはこれらの鋼では33mm/sでほぼマルテンサイト組織になっているためと考えられる。

Fig.2, Fig.3に溶融部の硬さに及ぼすPWHT温度および時間の影響を示す。C鋼、Cr鋼は温度上昇に伴って硬さの低下が見られるが、Nb鋼は973Kまでは硬さの低下は小さい。これはNbの炭窒化物の析出による回復の遅れと析出強化によると考えられる。

Fig.4に式(1), (2)を用いて求めたPWHT後の硬さ予測値と実測値の比較をCr鋼について

示す。1073K-180sのPWHT条件以外では予測可能であった。このPWHT条件でうまく予測できなかった理由は、1073KではAc1点を越えているため、セメントタイトの再溶解やセメントタイトとともに島状マルテンサイトが生じ、973K以下の熱処理とは明らかに異なる機構が硬さ変化に影響を及ぼしたためと考えられる。C鋼についても同様の結果が得られた。Nb鋼については、この方法では予測不能であった。これは炭窒化物の析出により、鋼の焼き戻し過程が単一の素過程であるとする仮定に反しているためと考えられる。

5. 結論

C鋼、Cr鋼のPWHT後の硬さは、硬さの変化率をアブラミタイプの式で近似し、アレニウスの反応速度式を用いて温度依存性を与えることで予測可能であった。Nb鋼については、炭窒化物の析出を考慮に入れた硬さ予測を行う必要があることが示唆された。

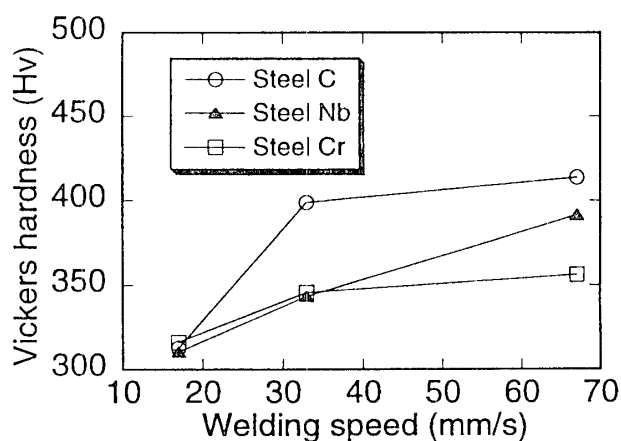


Fig. 1 Effect of welding speed on Vickers hardness of weld metal

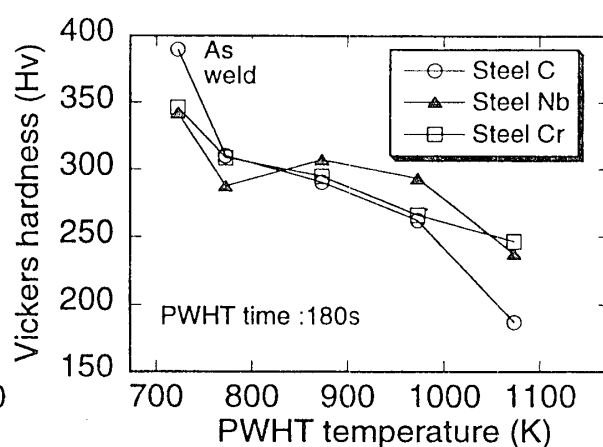


Fig. 2 Effect of PWHT temperature on Vickers hardness of weld metal (PWHT time :180s)

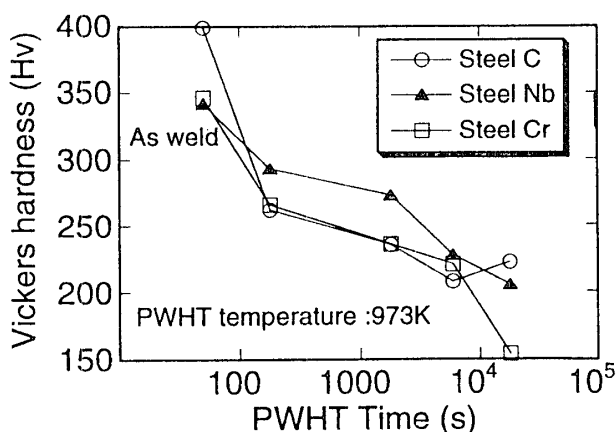


Fig. 3 Effect of PWHT time on Vickers hardness of weld metal (PWHT temperature :973K)

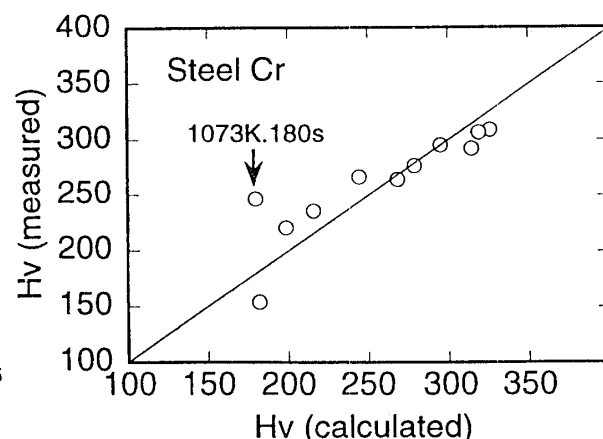


Fig. 4 Comparison between measured and calculated Vickers hardness (Steel Cr)