The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Untersuchungen uber die ElektronenstrahlschweiBbarkeit des hochfesten Stahls fur Konstruktion : Die Kerbzahigkeit des ElektronenstrahlschweiBguts bei der Tieftemperatur
Author(s)	Arata, Yoshiaki; Matsuda, Fukuhisa; Shibata, Yutaka et al.
Citation	Transactions of JWRI. 1977, 6(1), p. 63-67
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/12781
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Untersuchungen über die Elektronenstrahlschweißbarkeit des hochfesten Stahls für Konstruktion

—Die Kerbzähigkeit des Elektronenstrahlschweißguts bei der Tieftemperatur—

Yoshiaki ARATA*, Fukuhisa MATSUDA*, Yutaka SHIBATA, Yoshihisa ONO**, Mitsuo TAMAOKI** und Shouichiro FUJIHIRA****

Abriß

In diesen Untersuchungen wurde HT-50 und HT-80 mit der Dicke von 25 mm verwendet und die Kerbzähigkeit des Elektronenstrahlschweißguts durch den Tiefkerbversuch geschätzt.

Beim Schweißen wurden die zwei Heizungsarten von 10 und 30 KJ/cm zugeführt.

Im allgemeinen zeigte die Kerbzähigkeit des Elektronenstrahlschweißguts bei der Tieftemperatur eine Neigung, um so mehr herabzusinken, je größer dabei die zugeführte Schweißheizkraft war.

Und außer der kleineren zugeführten Schweißheizkraft (10 KJ/cm) zum HT-50, neigte in der Regel die Kerbzähigkeit des Schweißguts bei der Tieftemperatur mehr herabzusinken als die des Grundwerkstoffs. Darüber hinaus wurde bruchsflächenmäßig auf der Hochspannungssprödbruchfläche ein Chervronmuster beobachtet, während sich auf der Tiefspannungssprödbruchfläche fast kein solches zeigte und es ebene Sprödbruchfläche gab.

1. Einleitung

In diesen Untersuchungen wurde es mittels des praktischen hochfesten Stahls (HT-50, HT-60 und HT-80) für Konstruktion gezielt, die Eigenschaften der Elektronenstrahlschweißzone klar zu machen. Die Verfasser haben bereits die Anschlußleistung der Elektronenstrahlschweißzone und deren mechanische Eigenschaften überprüft[1),2)], und dazu noch die Kerbschlageigenschaften des Schweißguts ausfürhlich kritisiert[3),4)]. Weiter wurde auch die Entstehungscharakteristik des Schweißfehlers, das aus den Verschiedenheiten der Elektronenstrahlschweißenbedingungen und der chemischen Bestandteile im Stahl hervorkommt, klar und deutlich[5)].

Untersuchungen einige Tiefkerbproben abgehalten und die Bruchspannungen des Grundwerkstoffs und des Elektronenstrahlschweißguts bei den verschiedenen Versuchstemperaturen verglichen und untersucht.

2. Versuchsmethode

2.1 Verwendetes Material und Schweißbedingungen

HT-50 und HT-80 mit der Dicke von 25 mm wurden als Material verwendet. Und deren chemische Bestandteile stehen auf der **Tabelle 1**. Bei der Untersuchung wurde die Elektronenstrahlschweißmaschine mit der Maximalleistung von 30 KW (60 KV-500 mA, max.) benutzt. Bei jedem Schweißen wurde die Methode des Raupenschweißens verwendet. Als Schweißbedingungen wurden zwei verschiedene Bedingungen (10 und 30 KJ/cm) mit zwei Arten der Raupenbreite aufgenommen. Die **Tabelle 2** zeigt die verwendeten Schweißbedingungen. Und a_b Parameter stellt das Verhältnis der Objektivdistanz (D_O) zu der Brennweite (D_F) des Elektonenstrahl dar. In diesen Untersuchungen hat die Brennweite (D_F) einer bestimmten Distanz (180 mm). Die Gestalt des Prüfstücks: $25^t \times 500^w \times 500^l$.

Tabelle 1 Chemischen Bestandteile von den zu überprüfen der Bruchzähigkeit des Elektronenschweißguts verwendeten HT-50 und HT-80.

wt. (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	B	Ceq^*
HT50	0.17	0.45	1.40	0.027	0.008	—	—	—	—	—	—	0.42
HT80	0.11	0.34	0.87	0.007	0.007	0.23	0.46	1.00	0.42	0.03	0.18	0.49

* : $Ceq = C + \frac{1}{6}Mn + \frac{1}{24}Si + \frac{1}{40}Ni + \frac{1}{5}Cr + \frac{1}{4}Mo + \frac{1}{14}V$ (JIS-G-3106)

† Received on April 4, 1977

*; Professor

**; Katayama Iron Works, Ltd.

Tabelle 2 Schweißbedingungen, unter denen schmale oder breite Schweißranpe bekommen wird.

Zeichen	Strahl-spannung (KV)	Strahlsstrom (mA)	Strahls-arbeitsleistung (KW)	Shweißgesch-windigkeit (cm/min)	Shweißheizkraft (KJ/cm)	a_b (D_0/D_F)
S	50	200	10	60	10	0.75
B	50	300	15	30	30	2.00

2.2 Die Methode des Tiefkerbversuchs

Der Zugversuch wurde nach den Tiefkerbtyp durchgeführt und die Gestalt des Prüfstücks dabei steht auf **Bild 1**. Die Stelle der Kerbe liegt immer in der Mitte des Schweißguts und jedes Prüfstück hat in Richtung auf die Schweißnahtlinie eine Durchbohrungskerbe. Die Stelle, wo ein Prüfstück in Richtung auf die Plattdicke in jeder Schweißzone gewonnen wurde, liegt immer innerhalb 5 mm (Schweißheizkraft : 10 KJ/cm) und 8 mm (30 KJ/cm) von der Oberfläche, da das Prüfstück aus der Parallelzone der Schweißraupe gewonnen wurde.

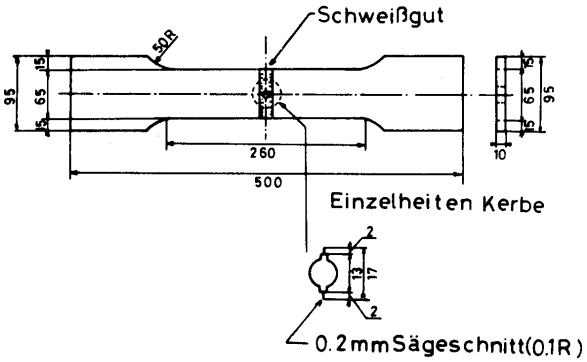


Bild 1 Die Form vom Prüfstück der tiefen Kerbe.

Beim Versuch wurde die Amsler-Universal-Prüfmaschine (Zugkapazität; Max., 50 ton) verwendet. Zu der Abkühlung des Prüfstücks wurde auf dessen beiden Seiten das Kühlbad angelegt und flüssiges Nitrogen verwendet. Nachdem die bestimmte Temperatur genug erreicht war, wurde der Zugversuch durchgeführt. Dann wurde die Bruchspannungskraft jedes Schweißguts gesucht.

3. Schweißraupegestalt und Härte

Foto. 1-(a) und **(b)** zeigen die Makrographbeispiele des Schweißraupeschnitts des unter den zwei Bedingungen angeschweißten HT-80.

Die Raupebreite in der Mitte, wo die Tiefkerbprüfstücke gewonnen wurden, zeigt bei der zugefürten Schweißheizkraft von 10 und 30 KJ/cm etwa 2.5 mm

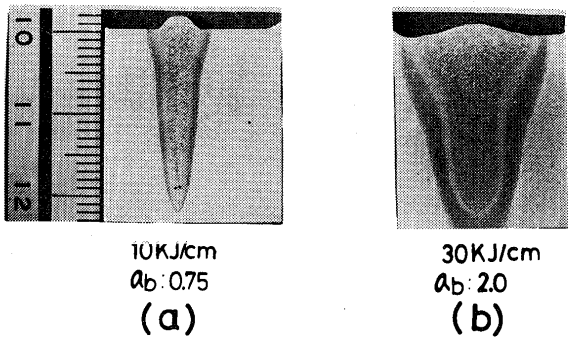


Foto 1 Makrographsbeispiele des Schweißraupeschnitts in der Anschweißzone des HT-80.

(innerhalf 10 mm von der Oberfläche) und 5.3 mm (innerhalb 13 mm von der Oberfläche).

Bild 2 zeigt die Vickershärteverbreitung an der Schweißzone von HT-50 und HT-80 bei den verschiedenen zugeführten Schweißheizkräften.

Die beiden Güter wiesen viel höheren Wert der Härte des Schweißguts von 10 KJ/cm als das Grundwerkstoff. Und bei dem HT-80 wurde, da es wärmebehandelter Stahl ist, dort eine erweichte Zone beobachtet.

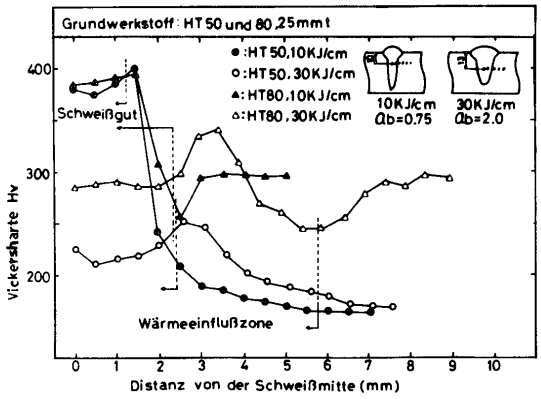


Bild 2 Die Härteverbreitung am Schweißteil von HT50 und 80.

4. Ergebnisse des Tiefkerbversuchs

Auf **Bild 3** und **Bild 4** liegen die charakteristischen Kurven der tiefen Kerben von den Grundwerkstoffen und den Schweißgütern bei HT-50 und HT-80.

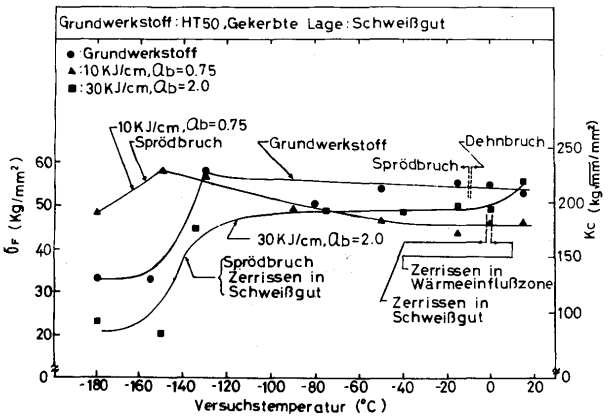


Bild 3 Die charakteristischen Kurven der tiefen Kerben von HT50-Schweißgut.

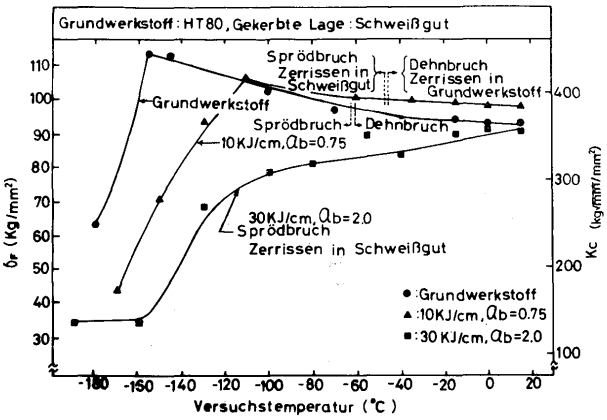


Bild 4 Die charakteristischen Kurven der tiefen Kerben von HT80-Schweißgut.

σ_F auf Bild 3 und Bild 4 zeigt die Nettobruchspannung und K_c den Wert der Bruchzähigkeit. K_c-Wert bedeutet den Grad der Spannungskonzentration auf der Kerbspitze bei der einen Sprödbruch erzeugenden Bruchspannung und wird wie folgendes ausgerechnet:

$$K_c=\sqrt{\frac{P^2}{Wt^2}\tan\frac{\pi C}{W}}$$

K_c: Wert der Bruchzähigkeit (kg-mm$^{-1.5}$)
P: Bruchfestigkeit (kg)
W: Breite des Prüfstücks (mm)
t: Dicke des Prüfstücks (mm)
$2C$: Länge der Durchbohrungskerbe (mm)

Im allgemeinen gibt es der charakteristischen Kurve der tiefen Kerbe ein Gepräge, daß mit dem Herabsinken der Versuchstemperatur die Bruchspannung allmählich zunimmt und bei einer Versuchstemperatur sie von der hohen Spannung in den Sprödbruch mit der niederen Spannung übergeht.

Dann hängt die Qualität der Kerbzähigkeit des Materials bei der tiefen Temperatur von dem Verhalten der Temperatur, bei der die Bruchspannung (K_c-Wert) herabsinkt, und von der Größe des Bruchspannungswertes ab.

Bei HT-50 (Bild 3) kam die Kerbzähigkeit des Schweißguts mit der schmalen Raupebreite (10 KJ/cm) bei der Tieftemperatur deren des Grundwerkstoffs gleich.

Und je größer die zugeführte Schweißheizkraft war, zeigte sich um so mehr eine Neigung, daß die Temperatur, bei der die Bruchspannung (K_c-Wert) herabsinkt, auf die Seite der Hochtemperatur übergeht und die Zähigkeit bei der Tieftemperatur fällt. Bei jedem Schweißgut entstand bereits in der normalen Temperatur ein Sprödbruch. Bei dem Schweißgut von 10 KJ/cm aber wich der Bruch bei der Versuchstemperatur von der Hochtemperaturseite (über −15°C) in die HAZ (Wärmeeinflußzone) ab. Das kommt wahrscheinlich davon, daß die Schweißraupebreite sehr schmal und das Schweißgut härter als der Grundwerkstoff ist, und die solche Erscheinung zeigte sich auch bei dem Kerbschlagversuch[4].

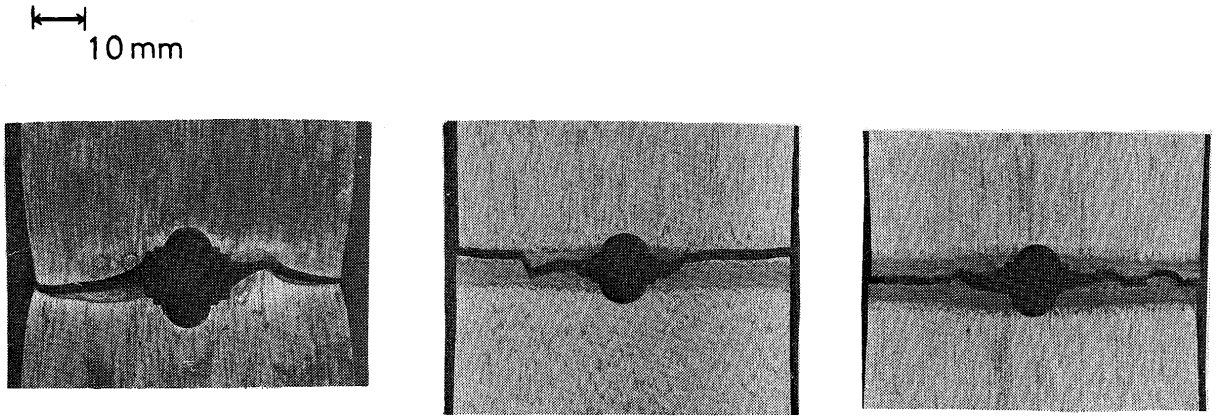
Foto. 2 zeigt die Fotobeispiele des äußeren Anscheins von den Prüfstücken des HT-50-Grundwerkstoffs und des Schweißguts bei der Versuchstemperatur: 0°C. Der Grundwerkstoff (a) zeigte einen Dehnbruch, dagegen entstand beim Schweißgut ((b) und (c)) ein Sprödbruch. Auf (b) ist zu sehen, daß der Bruch in die HAZ (Wärmeeinflußzone) abgewichen ist.

Bei HT-80 (Bild 4) stellt es sich heraus, daß bei dem Schweißgut mit der schmalen Breite (10 KJ/cm) die Versuchstemperatur (jene Temperatur, bei der von der hohen Spannung in den Sprödbruch mit der niederen Spannung übergeht.), wo die Bruchspannung plötzlich herabsinkt, auf die Seite der hohen Temperatur mehr als bei dem Grundwerkstoff übergegangen ist. Der Schweißgut zeigte also eine niederere Kerbzähigkeit bei der Tieftemperatur als der Grundwerkstoff. Und auf der höheren Seite als −50°C war der Bruch üblich auf die Seite des Grundwerkstoffs abgewichen und also ein Dehnbruch war entstanden.

Das scheint, wie beim HT-50, sich auf die Schweißraupebreite und den Erhärtungsgrad des Schweißguts zu beziehen.

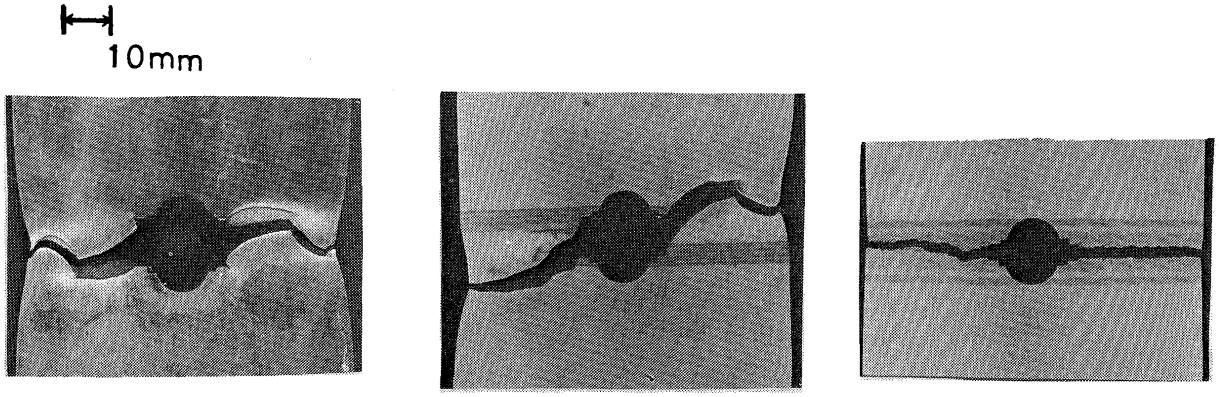
Anderseits gab es bei dem Schweißgut mit der breiten Schweißraupe (30 KJ/cm) schon in der normalen Temperatur alle innerhalb des Schweißguts einen Bruch, einen Sprödbruch. Im Vergleich zu jenen beiden zeigte die Bruchspannung des Schweißgut von 30 KJ/cm immer einen niederen Wert und die Neigung, mit der Temperaturveränderung allmählich herabzusinken.

Wie bei dem HT-50 war also eine Tendenz zu sehen, daß, je größer die zugeführte Schweißheizkraft war,



HT50, Versuchstemperatur; 0 °C

Foto. 2 Fotos des äußeren Anscheins von den Prüfstücken des HT-50-Grundwerkstoffs und des Schweißguts bei der Versuchstemperatur 0 °C.



HT80, Versuchstemperatur; 0 °C

Foto. 3 Fotos des äußeren Anscheins von den Prüfstücken des HT-80-Grundwerkstoffs und des Schweißguts bei der Versuchstemperatur 0 °C.

um so mehr die Kerbzähigkeit des Schweißguts bei der Tieftemperatur herabgesunken ist.

Foto. 3 zeigt die Fotobeispiele des äußeren Anscheins von den Prüfstücken des HT-80-Grundwerkstoffs und des Schweißguts bei der Versuchstemperatur: 0 °C. Der Grundwerkstoff (a) bekam einen Dehnbruch und bei dem Schweißgut mit der schmaleren Schweißraupe (b) war der Bruch üblich auf die Seite des Grundwerkstoffs abgewichen. Bei dem Schweißgut mit der breiteren Schweißraupe (c) ist es zu sehen, daß es innerhalb des Schweißguts einen Bruch gibt.

Foto. 4 zeigt typische Fotobeispiele der Bruchsflächen des HT-80-Schweißguts von 10 KJ/cm. (a) ist ein typisches Beispiel für die Dehnbruchfläche, wo bei der Versuchstemperatur: −35 °C der Bruch auf die Seite des Grundwerkstoffs abgewichen ist. (b) ist dann ein Beispiel der Bruchfläche, wo bei der Tieftemperatur (: −110 °C) innerhalb des Schweißguts ein Bruch entstanden ist, nämlich der Hochspannungssprödbruch.

Das sogenannte Chevronmuster, wo ein Bruch sich von der Nähe der Kerbe aus strahlenförmig entwickelt, ist dort klar zu beobachten. Und (c) ist ein Bruchflächebeispiel des Sprödbruchs der niederen Spannung bei der niedersten Temperatur (: −170 °C). Im Vergleich zu der Bruchfläche im (b) bildet das eine ziemlich ebene Bruchfläche.

Außerdem waren die bruchflächenmäßigen Eigenschaften beim HT-50 denen beim HT-80 ähnlich.

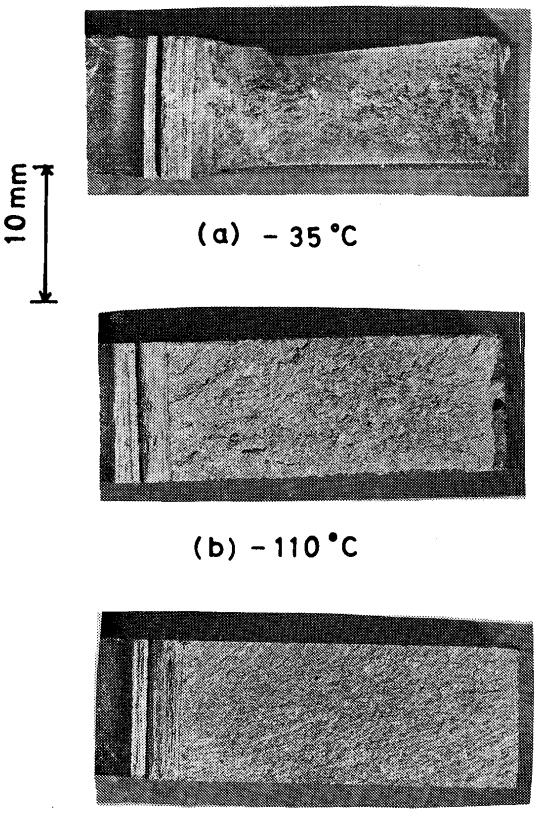


Foto. 4 Typische Fotobeispiele der Bruchsflächen des HT-80-Schweißguts von 10 KJ/cm.

5. Schluß

(1) Bei dem Tiefkerbversuch des Schweißguts (10 KJ/cm), das die schmalere Schweißraupebreite hat und erhärtet war, ist bei der Versuchstemperatur der höheren Temperaturseite der Bruch in die Wärmeeinflußzone oder auf die Seite des Grundwerkstoffs abgewichen.

(2) Im allgemeinen zeigte sich eine Neigung, daß, je größer die zugeführte Schweißheizkraft war, um so mehr die Kerbzähigkeit des Schweißguts bei der Tieftemperatur herabsank.

(3) Die Tieftemperaturkerbzähigkeit des Schweißguts mit der kleineren zugeführten Schweißheizkraft kam bei dem HT-50 deren des Grundwerkstoffs gleich, aber bei dem HT-80 ist sie mehr herabgesunken als die des Grundstoffs.

(4) Bei dem Sprödbruch mit der hohen Spannung wurde eine Bruchfläche in einem typischen Chevronmuster beobachtet.
Und bei dem Sprödbruch mit der niederen Spannung war die Bruchfläche ziemlich flach.

Dank

Wir danken herzlich Herrn Tetsuya Kojima, Katayama Eisenhammerwerk AG, und Herrn Shoichi Kodaira, dem Studenten in dem vierten Schuljahr auf der Kinki Universität, für ihre zahlreichen freundlichen Mithilfen.

Referenzen

1) Y. Arata, F. Matsuda, Y. Shibata, S. Hozumi, Y. Ono and S. Fujihira, "Mechanical Properties on Electron Beam Welds of Constructural High Tension Steels (Report I)", Trans. of JWRI, Vol. 3, No. 2, 59~74, 1974
2) Y. Arata, F. Matsuda, Y. Shibata, S. Hozumi, Y. Ono and S. Fujihira, "Mechanical properties on Electron Beam Welds of Constructional High Tension Steels (Report II)", Trans. of JWRI, Vol. 4, No. 1, 65~69, 1975
3) Y. Arata, F. Matsuda, Y. Shibata, S. Hozumi, Y. Ono and S. Fujihira, "Mechanical properties on Electron Beam Welds of Constructional High Tension Steels (Report III), Trans. of JWRI, Vol. 4, No. 2, 71~83, 1975
4) Y. Arata, F. Matsuda, Y. Shibata, Y. Ono, M. Tamaoki and S. Fujihira, "Mechanical Properties on Electron Beam Welds of Constructional High Tension Steels (Report IV)", Trans. of JWRI, Vol. 5, No. 1, 27~36, 1976
5) Y. Arata, F. Matsuda, Y. Shibata, Y. Ono, M. Tamaoki and S. Fujihira, "Mechanical Properties on Electron Beam Welds of Constructional High Tension Steels (Report V)", Trans. of JWRI, Vol. 5, No. 2, 99~110, 1976
6) Y. Arata, K. Terai and S. Matsuda, "Study on Characteristics of Weld defect and Its Prevention in Electron Beam Welding (Report I)", Trans. of JWRI, Vol. 2, No. 1, 103~112, 1973
7) T. Kanazawa, "Introductory Remarks of Fracture Mechanics and its application to Brittle Fracture", J.J.W.S, Vol. 42, No. 9, 66~81, 1973