

焼入れ硬化性金属板の溶接方法

特許第5995162号

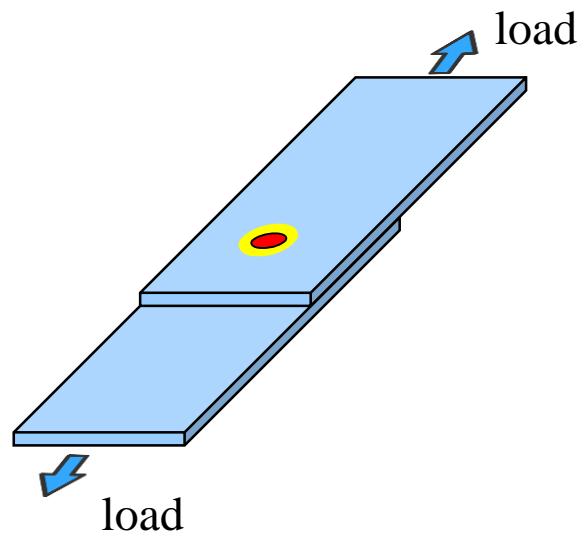


九州工業大学大学院 工学研究院
物質工学研究系 材料開発部門

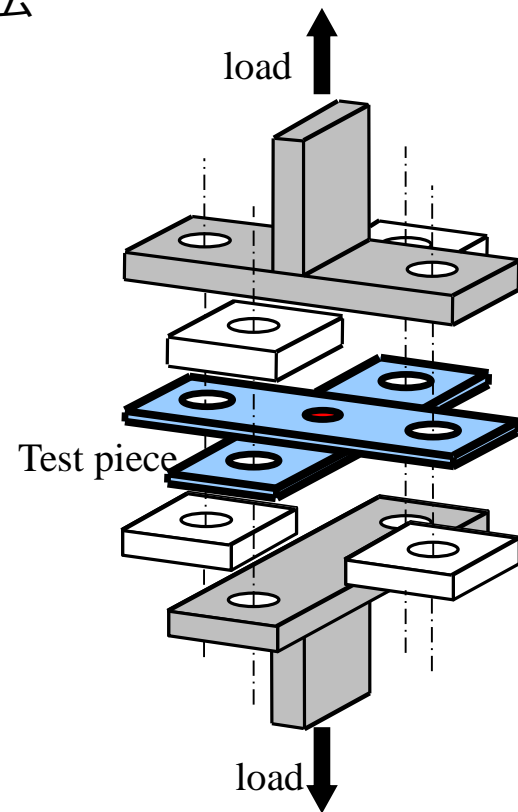
北村貴典，秋山哲也

JIS規格で規定された 抵抗スポット溶接の強度試験

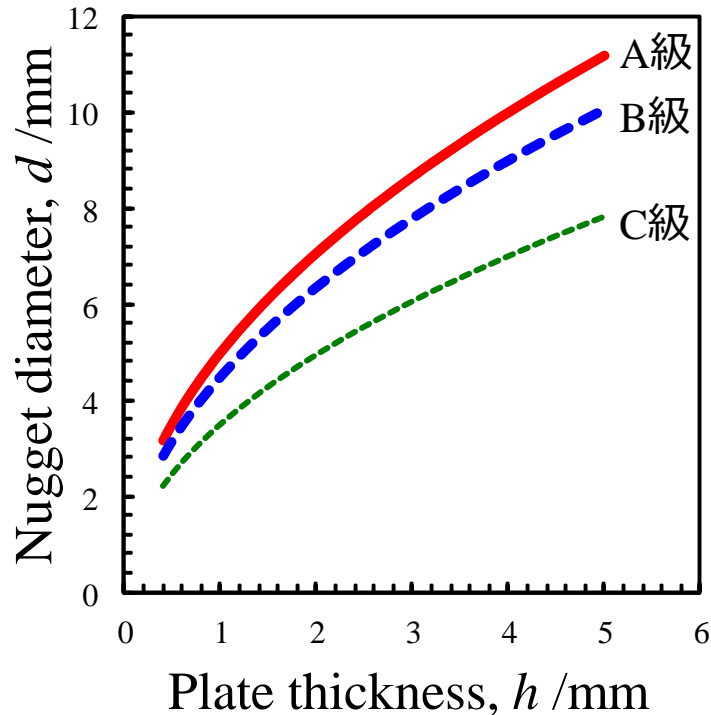
引張せん断強度 (JIS Z 3136)
抵抗スポット及びプロジェクション溶接継手の
せん断試験に対する試験片寸法及び試
験方法



十字引張強度 (JIS Z 3137)
抵抗スポット及びプロジェクション溶接継手の
十字引張試験に対する試験片寸法及び試
験方法



引張せん断強度



A級：特に強さを要する溶接部

B級：強さを要する溶接部

C級：A級， B級以外の溶接部

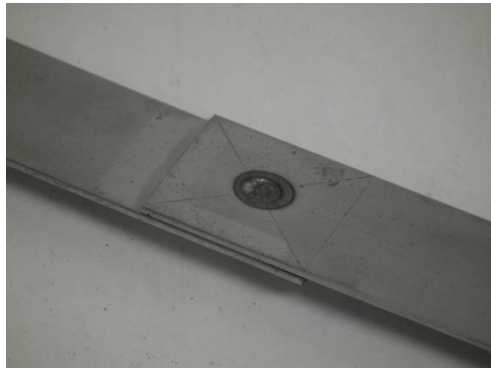
強度向上を図りたければ、
ナゲット径を大きくする。



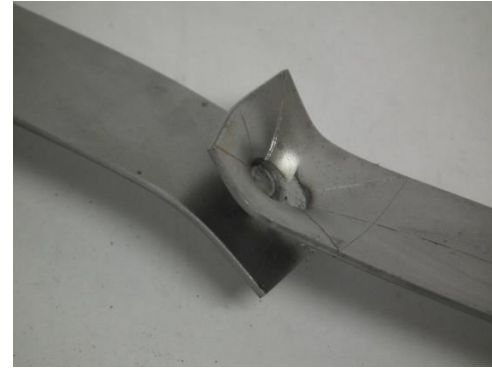
JIS Z 3140で規定されている
溶接部の等級と板厚， ナゲット径の関係

板厚とも関連し， 必要以上に
ナゲット径を大きくする施工は
困難

過去の研究者による 引張せん断強度予測式



引張せん断試験



$$TSS = A \times h \times \sigma_{BM}^B \times d \quad 1)$$

$$TSS = B \times h \times \sigma_{BM}^B \times D \quad 2,3)$$

$$TSS = 36.4 \times h^{1.42} \times \sigma_{BM}^B \quad 0.84 \quad 4)$$

$$TSS = h \times \sigma_{BM}^B \times (1 + 0.0059El) \times 1.95 \times D \quad 5)$$

1) J.Heuschkel (1952)

2) J.M.Sawhill, JR., J.C.Baker (1980)

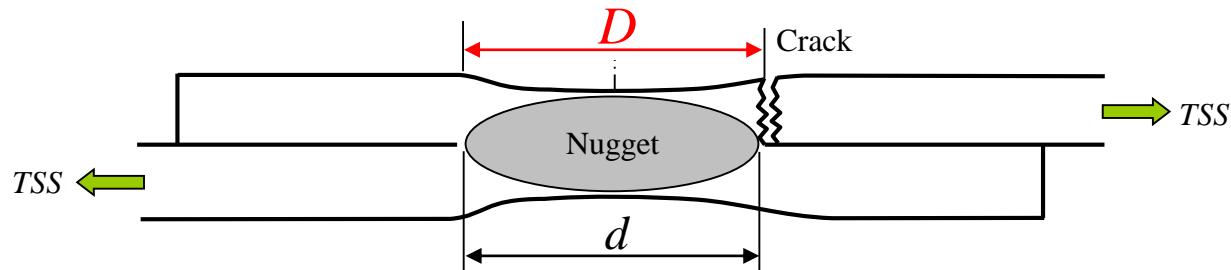
3) J.M.Sawhill, JR., S.T.Furr(1984)

4) 田中甚吉, 樺沢真事, 小野守章, 長江守康(1984)

5) 樺沢真事, 船川義正, 小川和洋, 田村学(1996)

過去の研究者による 引張せん断強度予測式

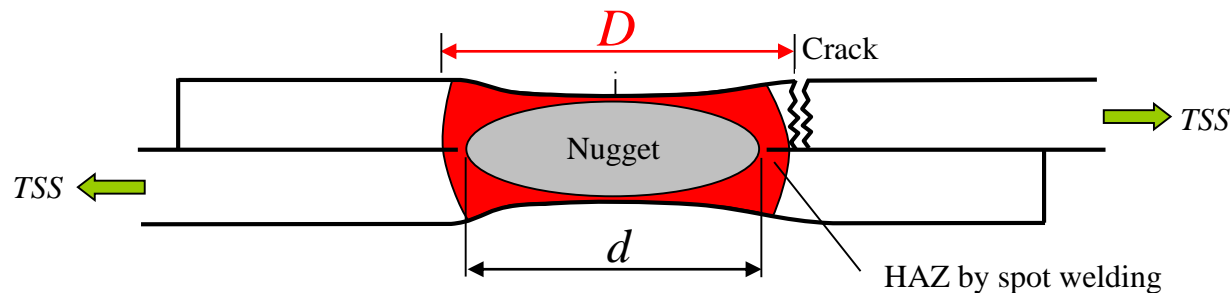
$$TSS = h \times \sigma_{BM}^B \times (1 + 0.0059El) \times 1.95 \times D$$



(a) SUS304等のような熱影響部が硬化しない材料の場合

過去の研究者による 引張せん断強度予測式

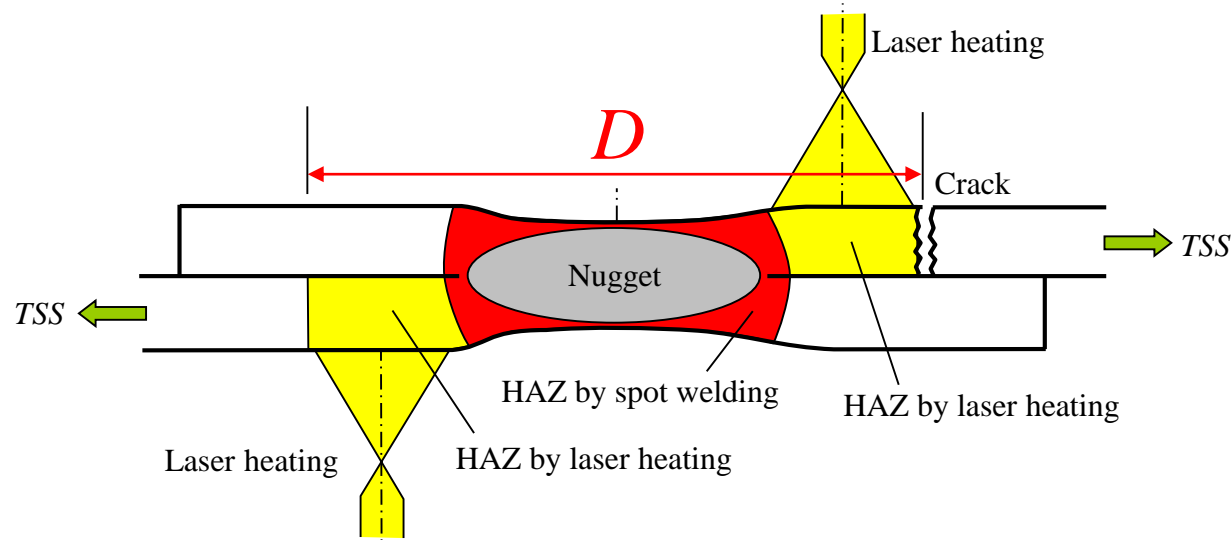
$$TSS = h \times \sigma_{BM}^B \times (1 + 0.0059El) \times 1.95 \times D$$



(b) 軟鋼のような熱影響部が焼入れ硬化するような材料の場合

過去の研究者による 引張せん断強度予測式

$$TSS = h \times \sigma_{BM}^B \times (1 + 0.0059El) \times 1.95 \times D$$



この概念に基づいて高強度化が可能であるか検討した。

レーザー加熱を用いた 硬化領域新成

供試材料およびレーザー加熱方法

供試材料 SPHC の板厚と化学成分

Unit:mass%

| | h | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | V | Al |
|------|------|------|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| SPHC | 1.55 | 0.03 | 0.0 | 0.215 | 0.011 | 0.006 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.002 | 0.049 |

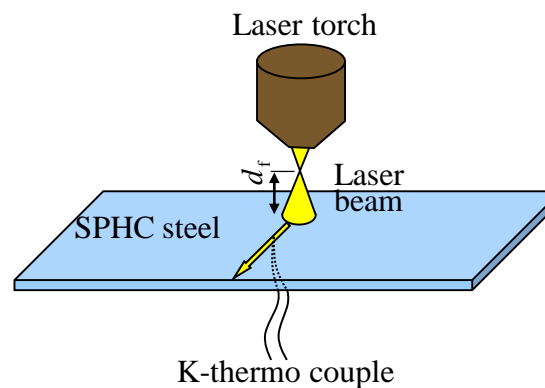
レーザー加熱条件

YAGレーザー

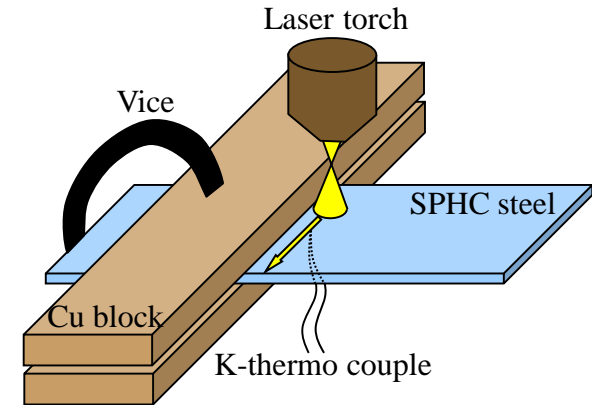
1500W

500mm/min

$d_f=24\text{mm}$



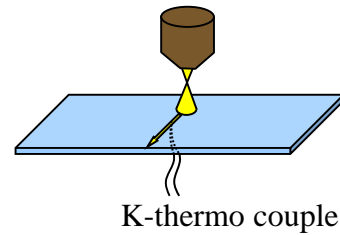
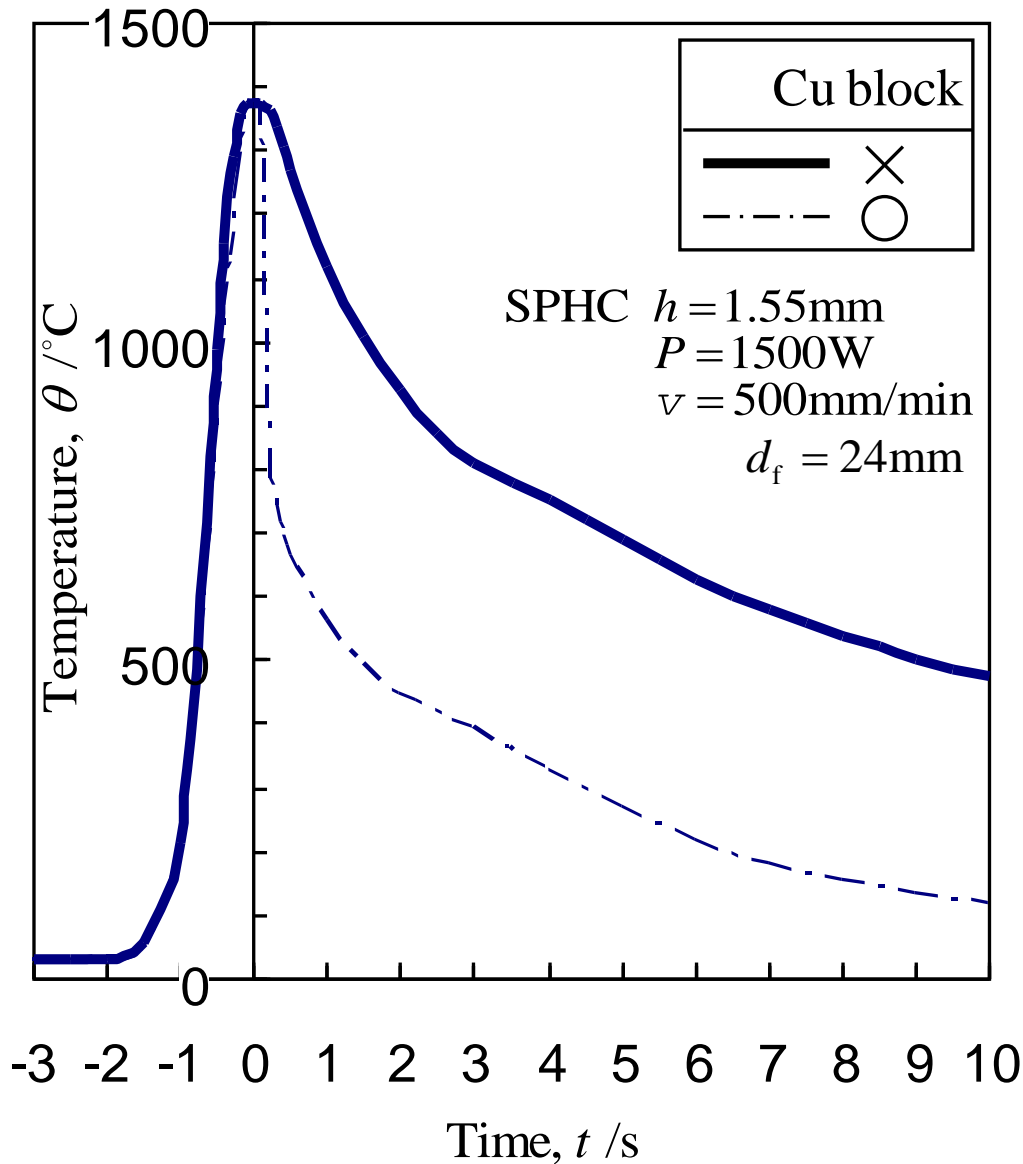
(a) 銅ブロックを用いないで加熱した場合



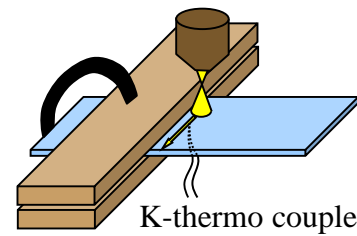
(b) 銅ブロックを用いて鋼板の加熱部近傍の片側だけカバーした場合

冷却速度を上げる目的で銅ブロックを用いた。

熱サイクル測定結果

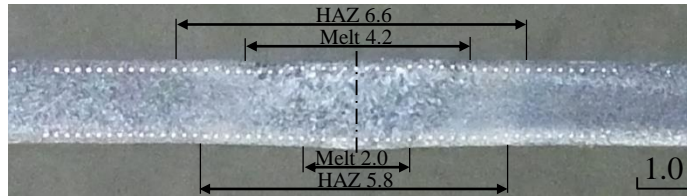


冷却速度が遅い

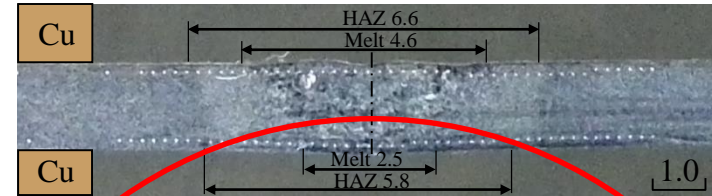


冷却速度は速い

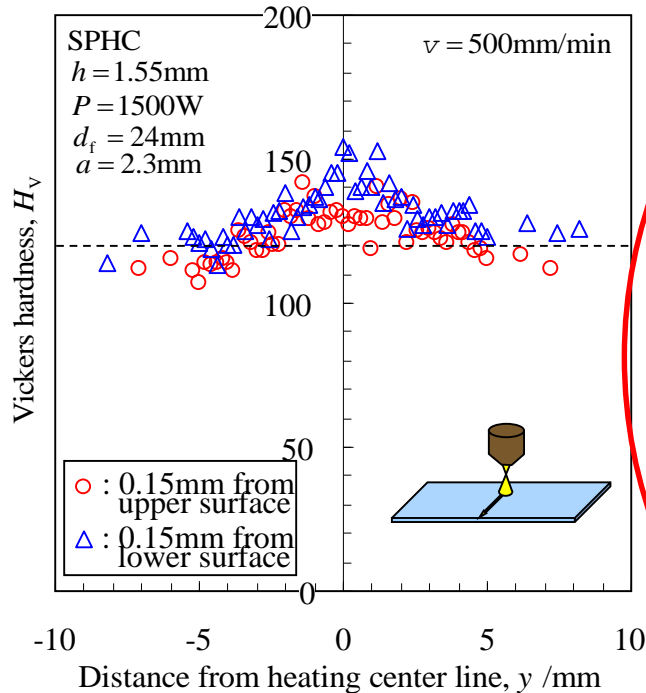
断面マクロ写真と硬さ分布



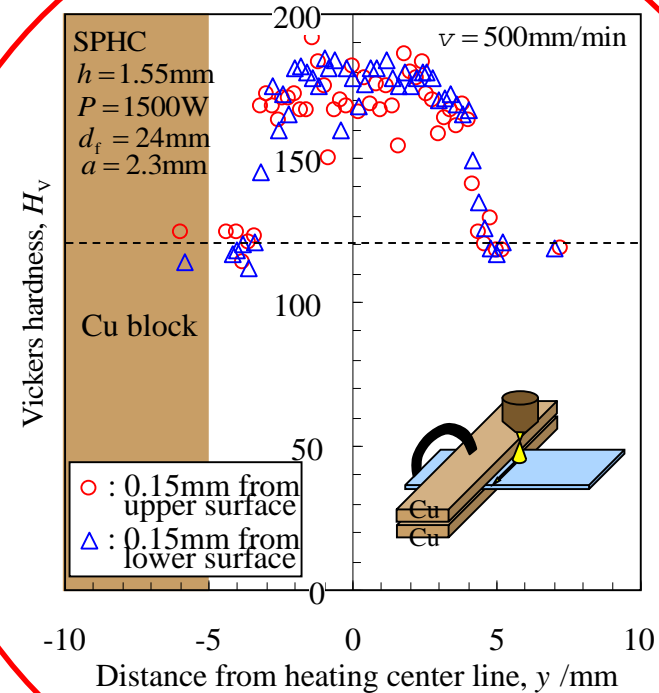
Unit : mm



Unit : mm

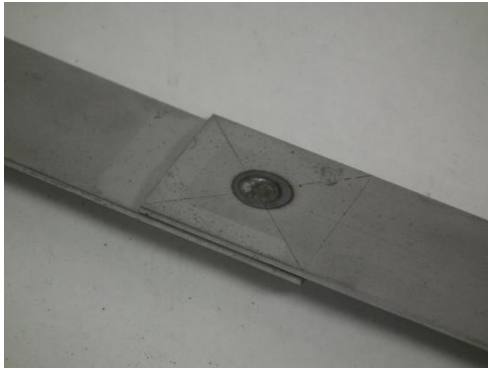


あまり硬化していない

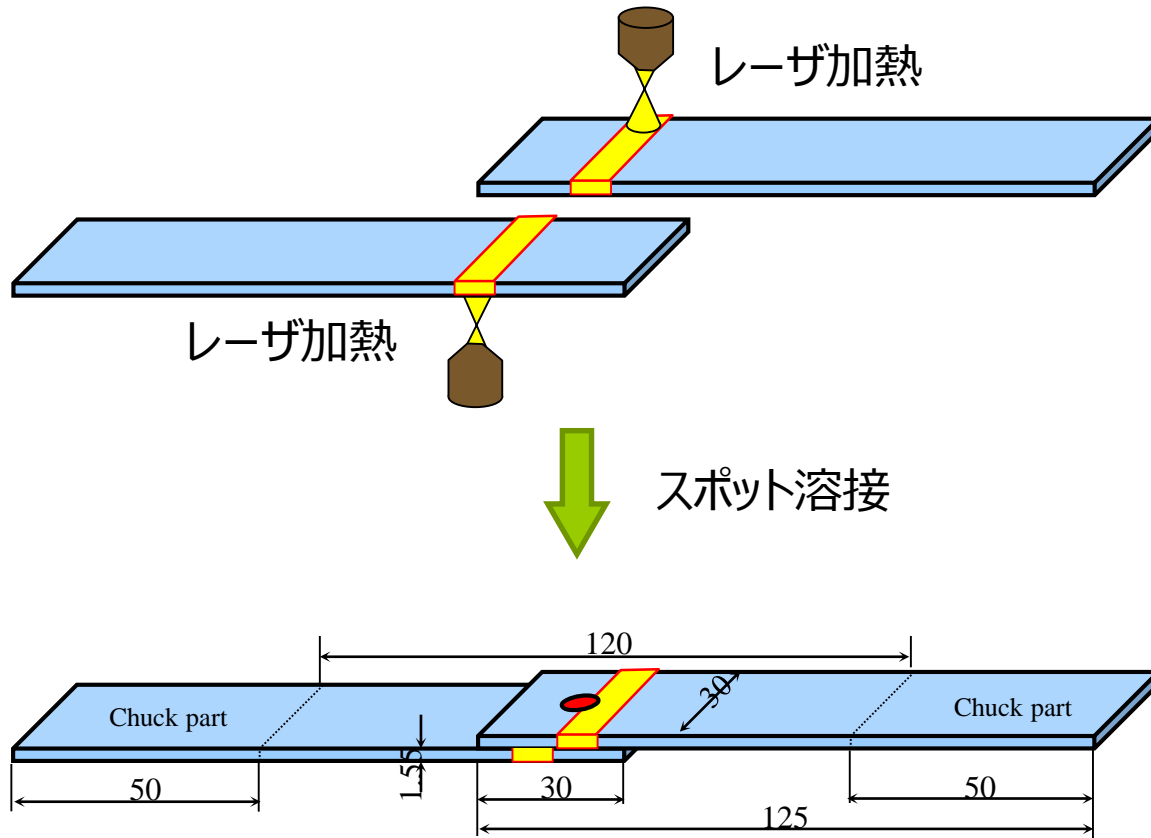


裏面側も硬化している

引張せん断強度の高強度化

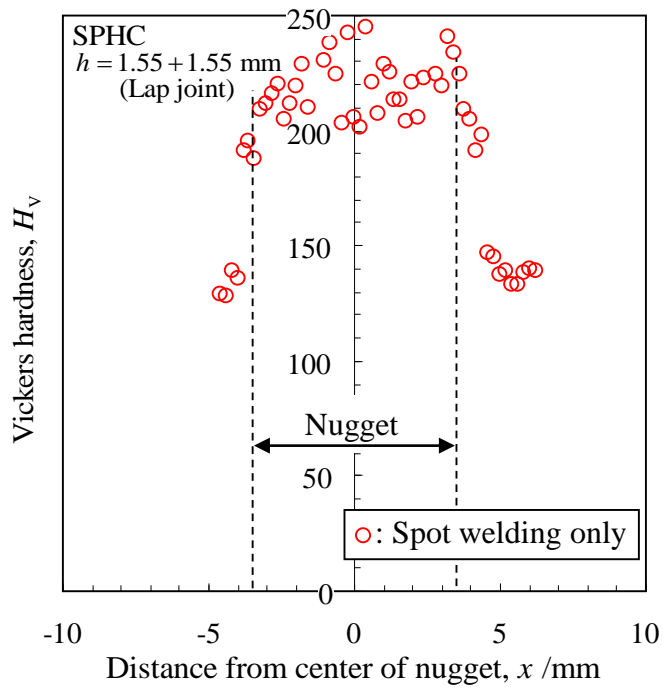


レーザー加熱とスポット溶接の順序



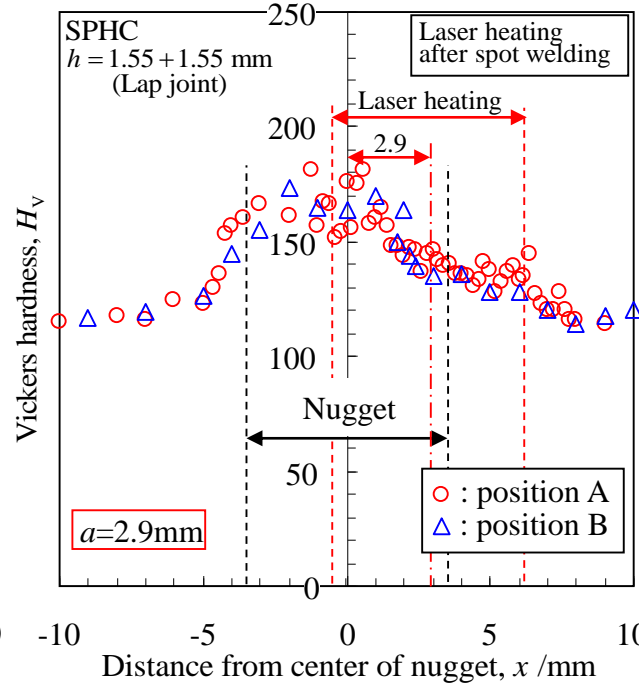
(予備実験)

スポット溶接後レーザー加熱した場合の硬さ分布



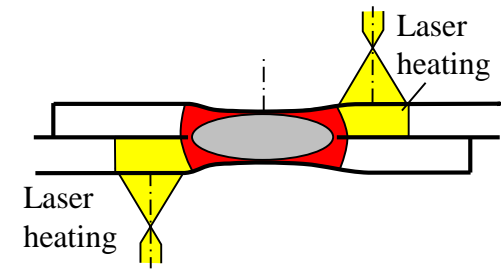
スポット溶接のみの硬さ分布

$TSS = 11644$ N



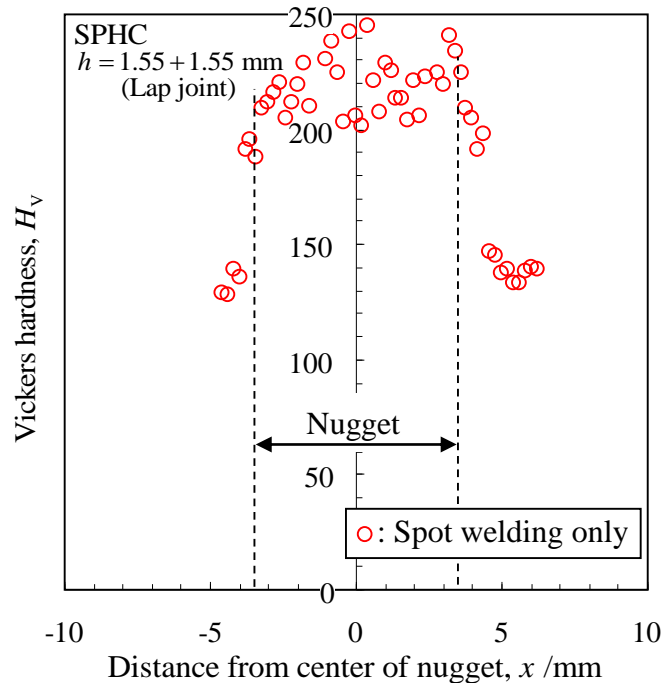
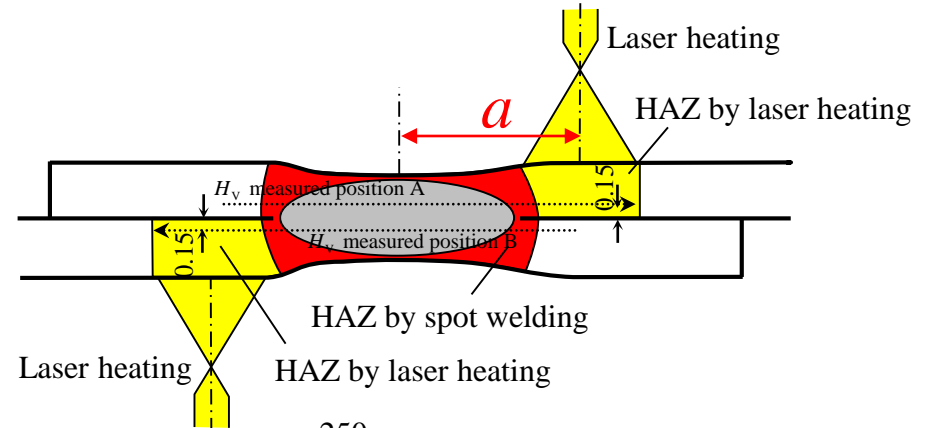
スポット溶接 → レーザ加熱

$TSS = 11112$ N ← 強化されていない

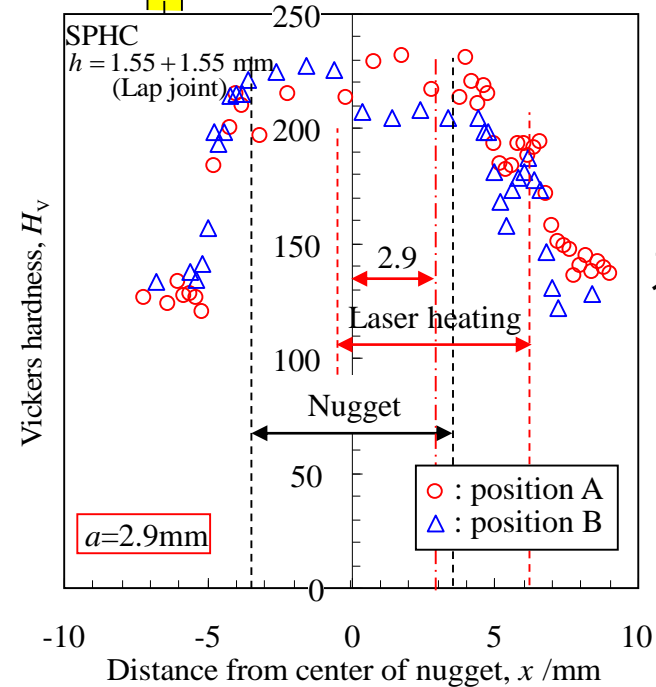


ナゲット内の硬化部がレーザー加熱により焼戻され、元々の硬さより軟化している。

レーザ加熱後スポット溶接した場合の硬さ分布



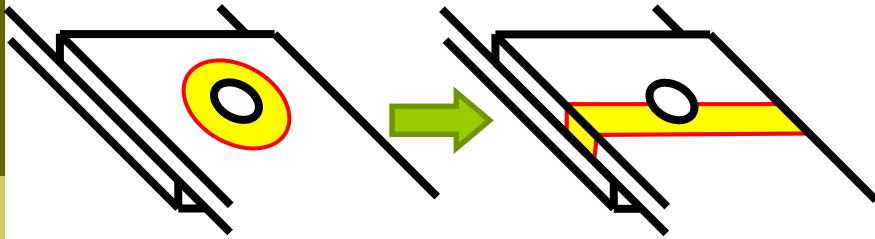
スポット溶接のみの硬さ分布



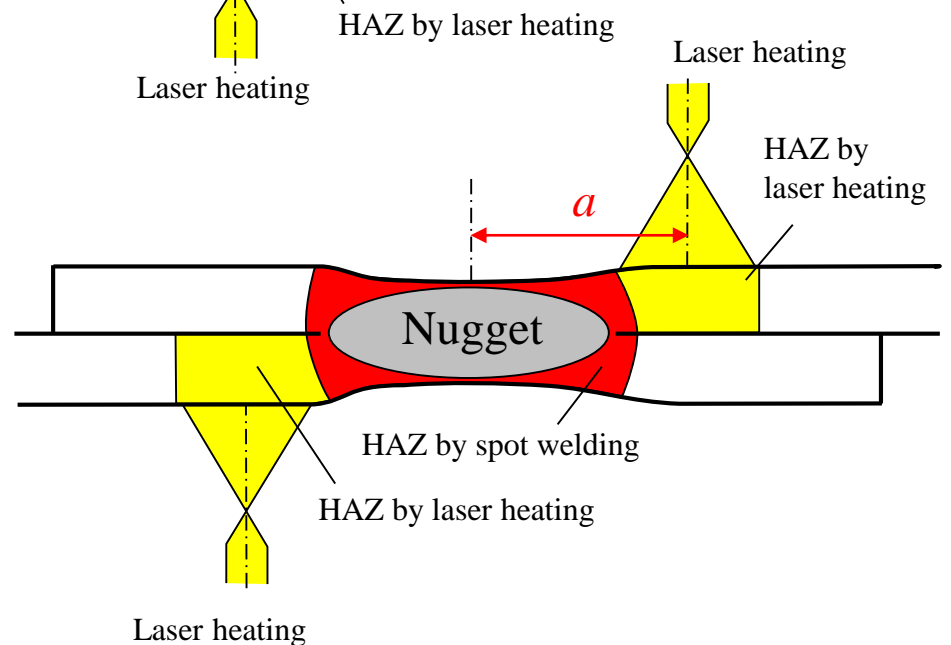
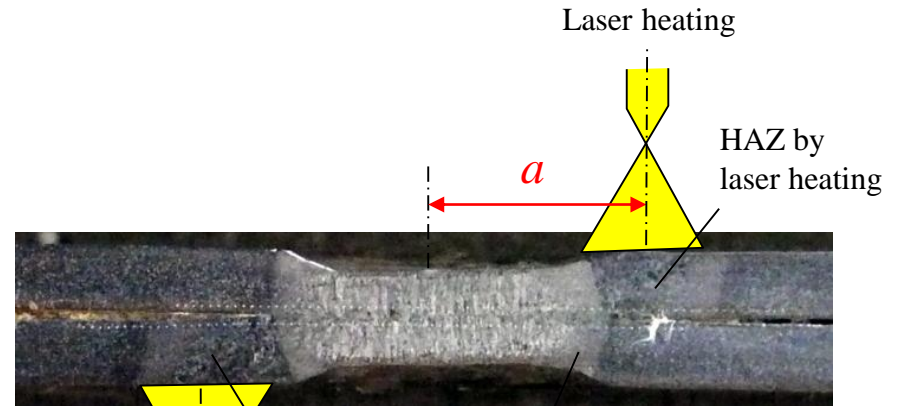
加熱位置 $a=2.9\text{mm}$ の場合の硬さ分布

レーザ加熱
↓
スポット溶接

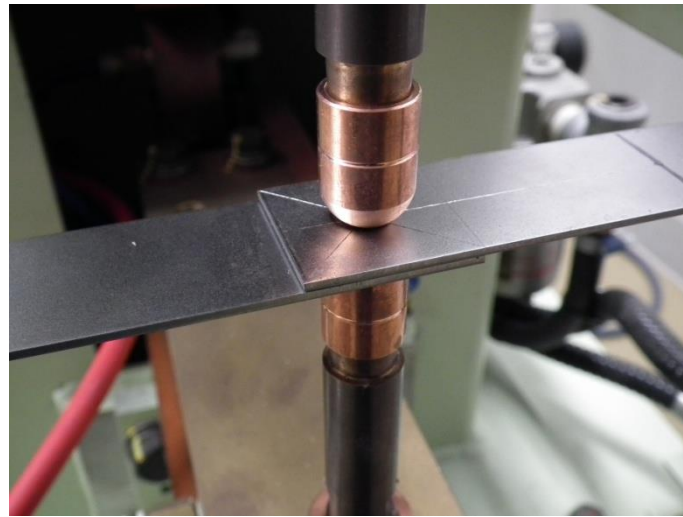
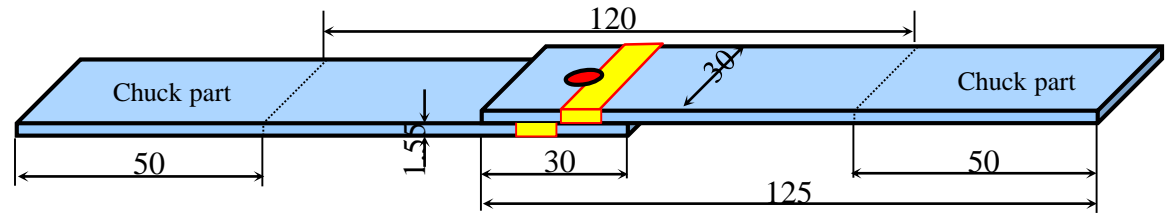
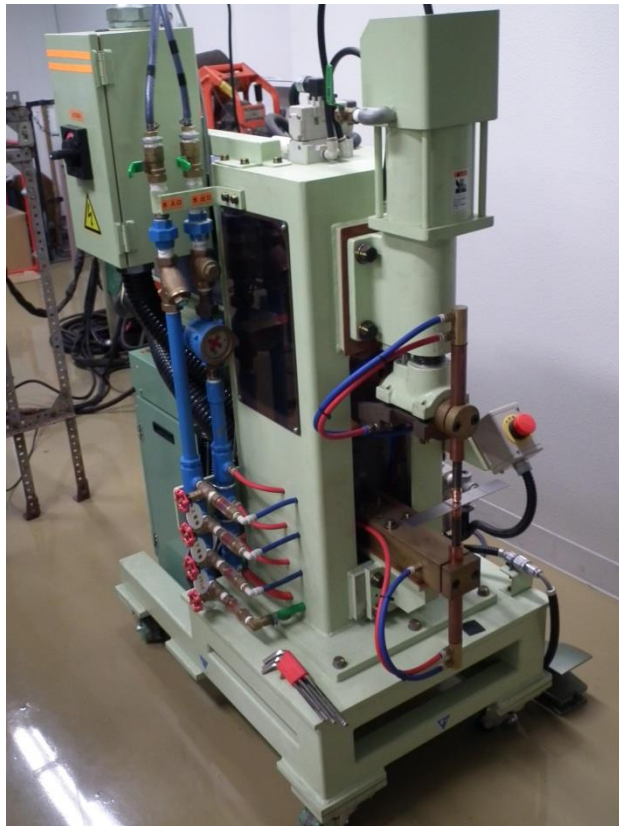
レーザ加熱位置



あらゆる方向の荷重に対応するため、ナゲットの**外周全体**をレーザ加熱による焼入れ硬化させる必要があるが、ここでは、処理の簡略化を図るため、**引張方向側の部位のみ**を試験片の**全幅にわたって**焼入れ処理している。

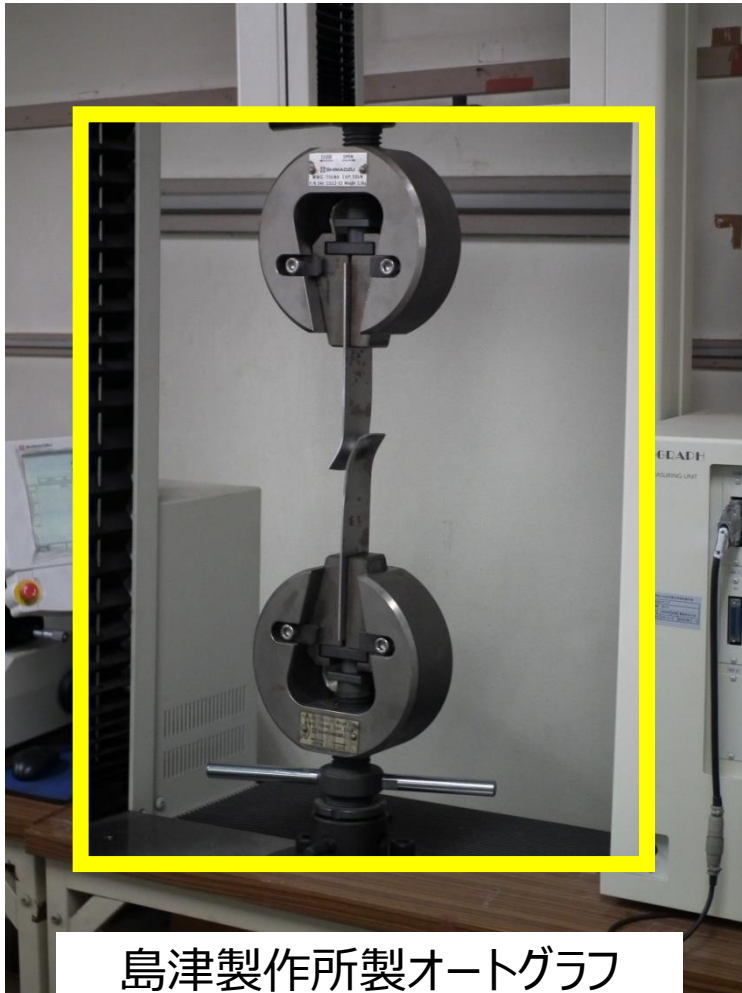
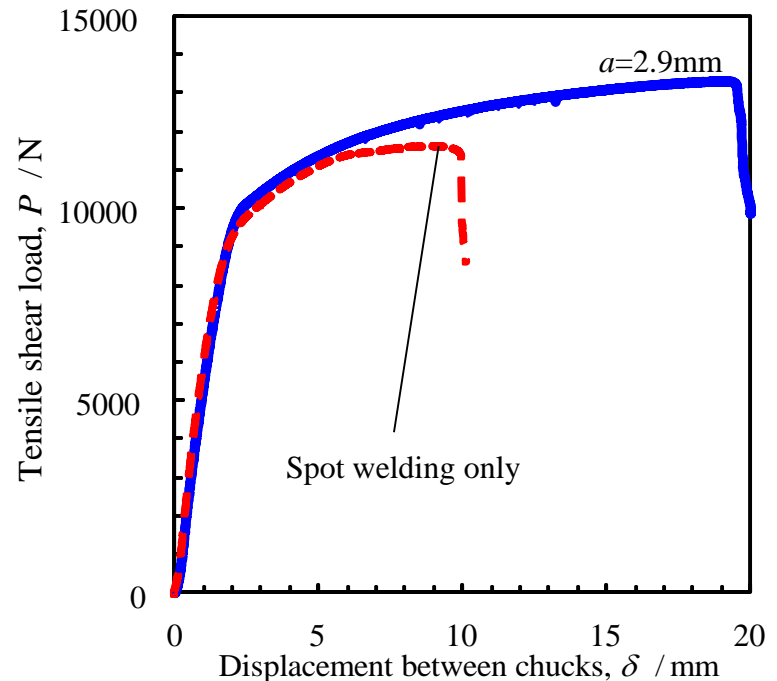
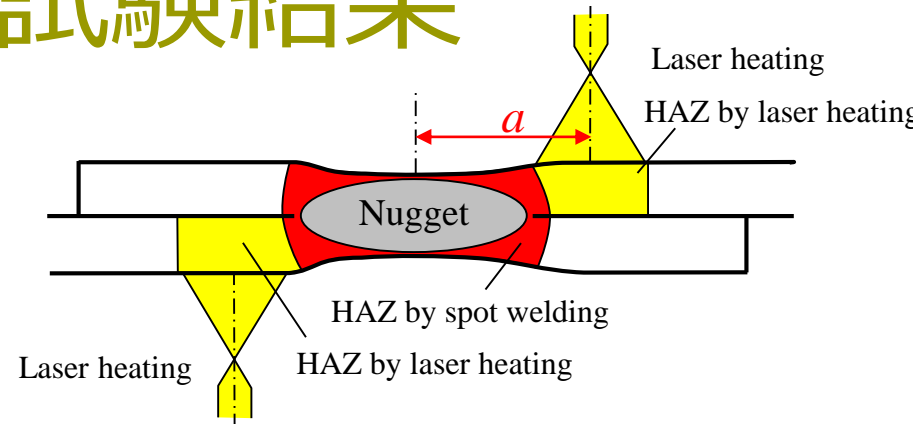


引張せん断試験片寸法と スポット溶接条件



| Plate thickness (mm) | Current (A) | Weld time (cycles) | Pressure (kN) | Diameter and curvature radius of the top of the tip (mm) | Diameter and curvature radius of the tip (mm) |
|-------------------------|----------------|-----------------------|------------------|---|--|
| 1.55+1.55 | 11600 | 14 (time=0.23s) | 3.6 | φ 6-40R | φ 16-8R |

引張せん断試験結果

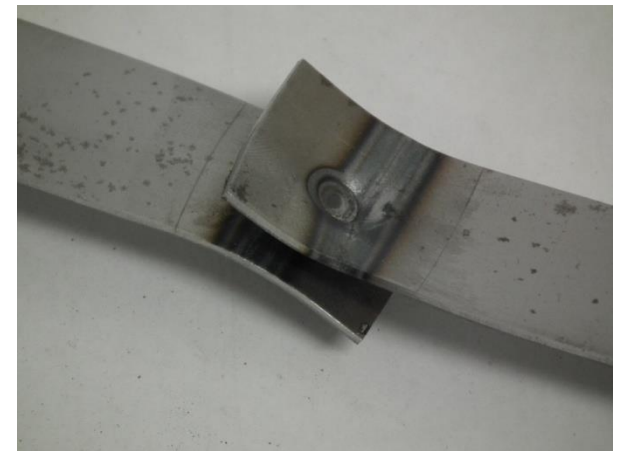
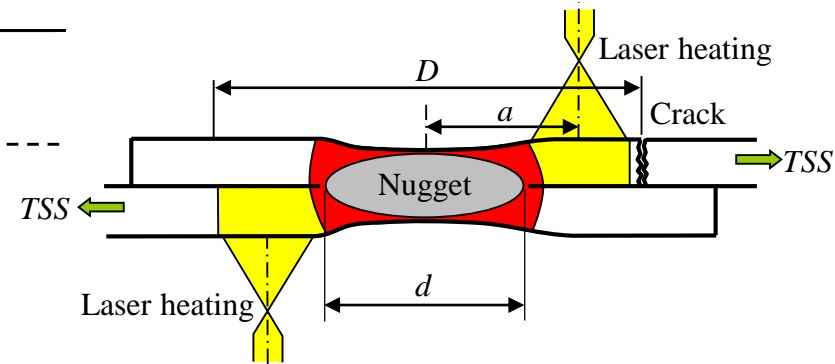


島津製作所製オートグラフ
AG-20kNIST (容量2 t)
(引張速度 0.5mm/min)

荷重 - チャック間変位線図

引張せん断試験結果

| h | TSS | δ_{\max} | a | D |
|-----------|-------|-----------------|-------------------|------|
| | 10970 | 7.6 | Spot welding only | 9.4 |
| | 11644 | 8.0 | | 9.6 |
| 1.55+1.55 | 11892 | 10.2 | 1.3 | 8.2 |
| | 12296 | 12.2 | 1.7 | 7.8 |
| | 12200 | 11.8 | 1.8 | 8.4 |
| | 12392 | 13.5 | 2.0 | 7.8 |
| | 11864 | 9.2 | 2.2 | 8.2 |
| | 12872 | 17.5 | 2.4 | 9.8 |
| | 13316 | 19.1 | 2.9 | 11.4 |
| | 12724 | 16.1 | 3.0 | 10.4 |
| | 12460 | 13.2 | 3.4 | 8.2 |
| | 13096 | 18.1 | 3.5 | 9.0 |
| | 12116 | 9.6 | 4.2 | 6.8 |
| | 11932 | 7.9 | 4.2 | 8.0 |
| | 12284 | 9.4 | 4.2 | 8.2 |



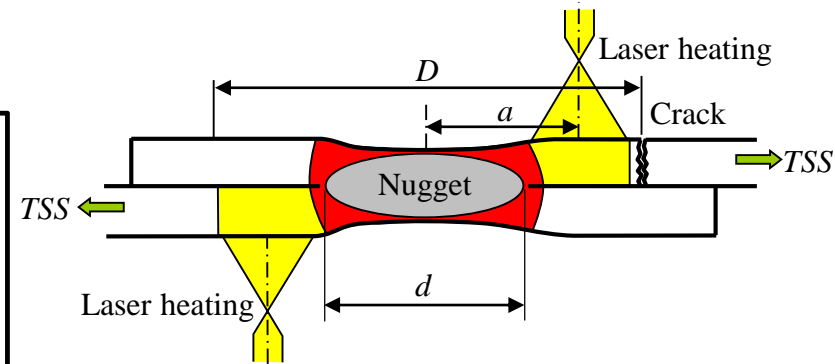
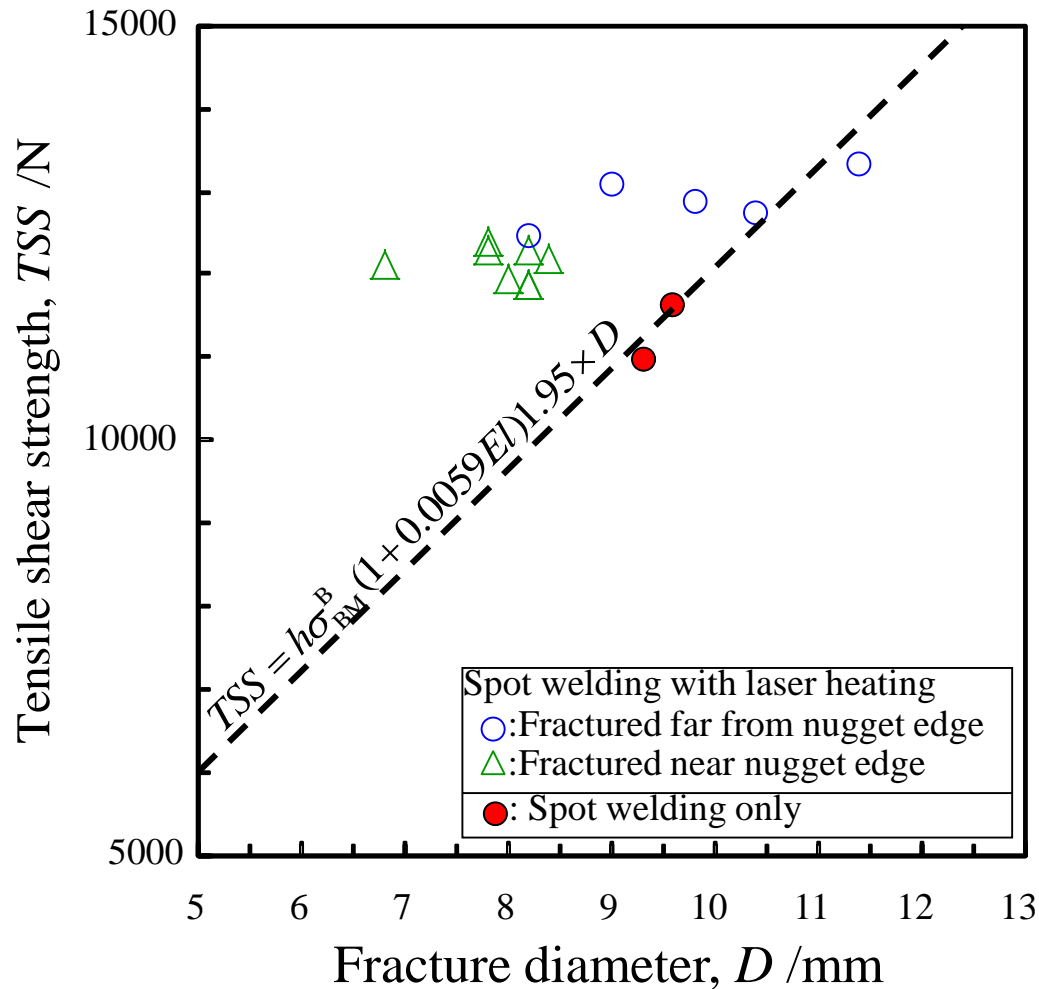
h : Plate thickness /mm TSS : Tensile shear strength /N

δ_{\max} : Displacement between chucks on TSS /mm

a : Distance from center of nugget to center of laser heating /mm

D : Fracture diameter /mm

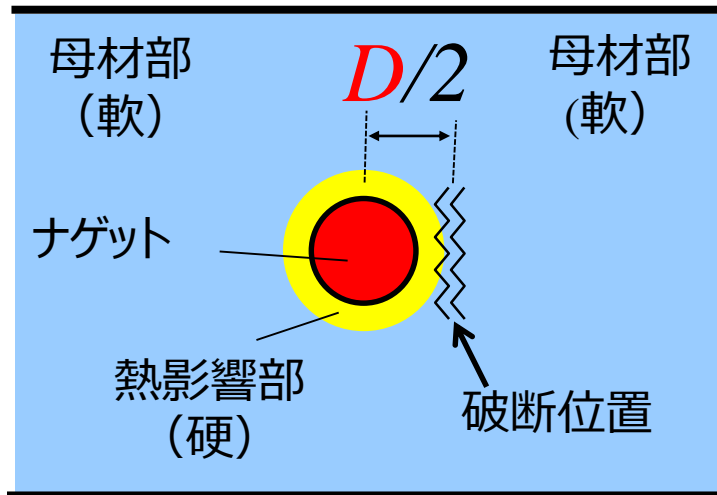
破断径と引張せん断強度の関係



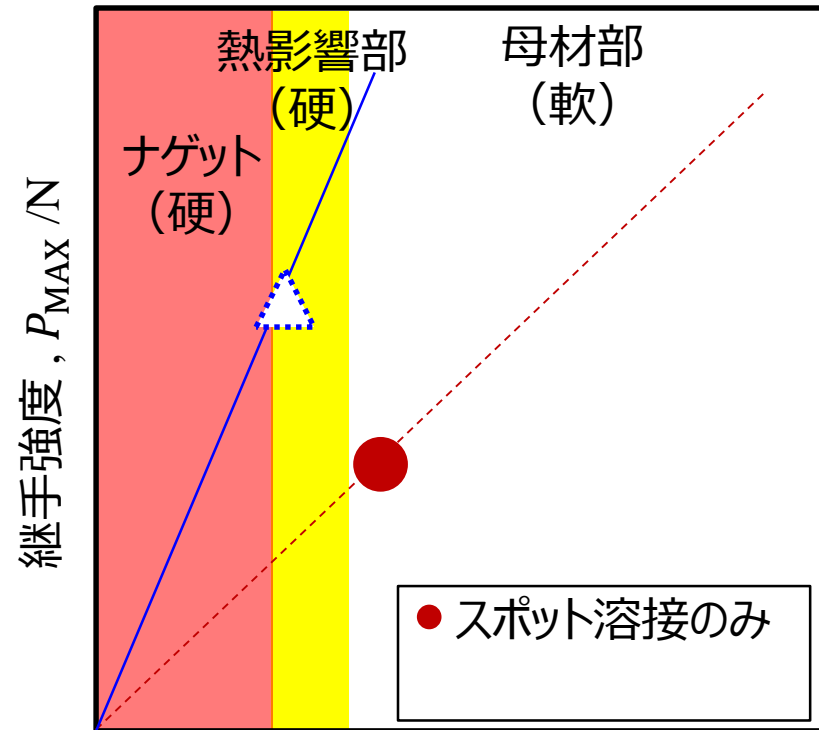
破断径 D が大きくなるにつれて、引張せん断強度 TSS が大きくなっている

硬化領域新成による 高強度化のメカニズム詳細

スポット溶接のみの試験片の場合



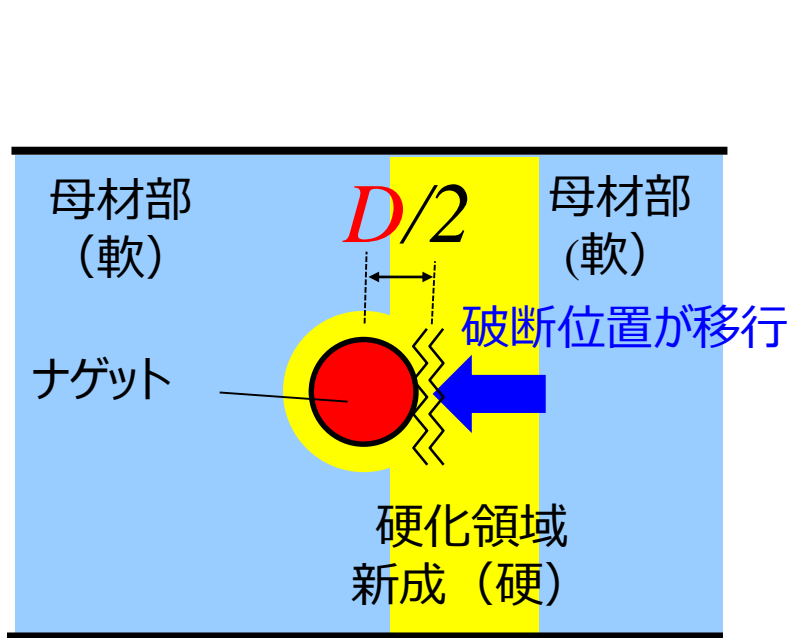
破断位置は熱影響部外側の母材部



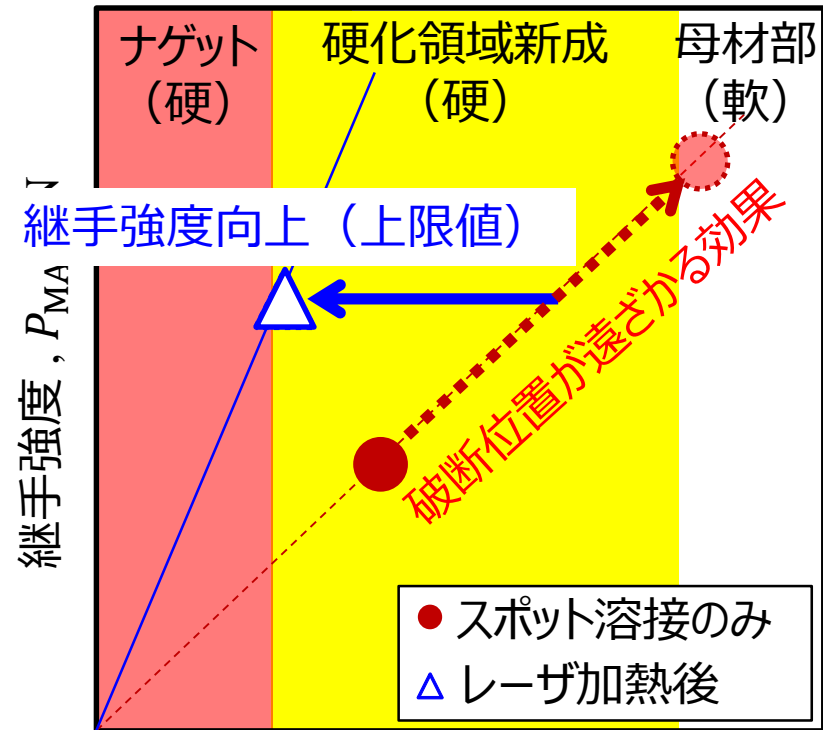
ナゲット中心から破断位置までの距離, $D/2 / mm$

硬化領域新成による 高強度化のメカニズム詳細

硬化領域を新成した試験片の場合



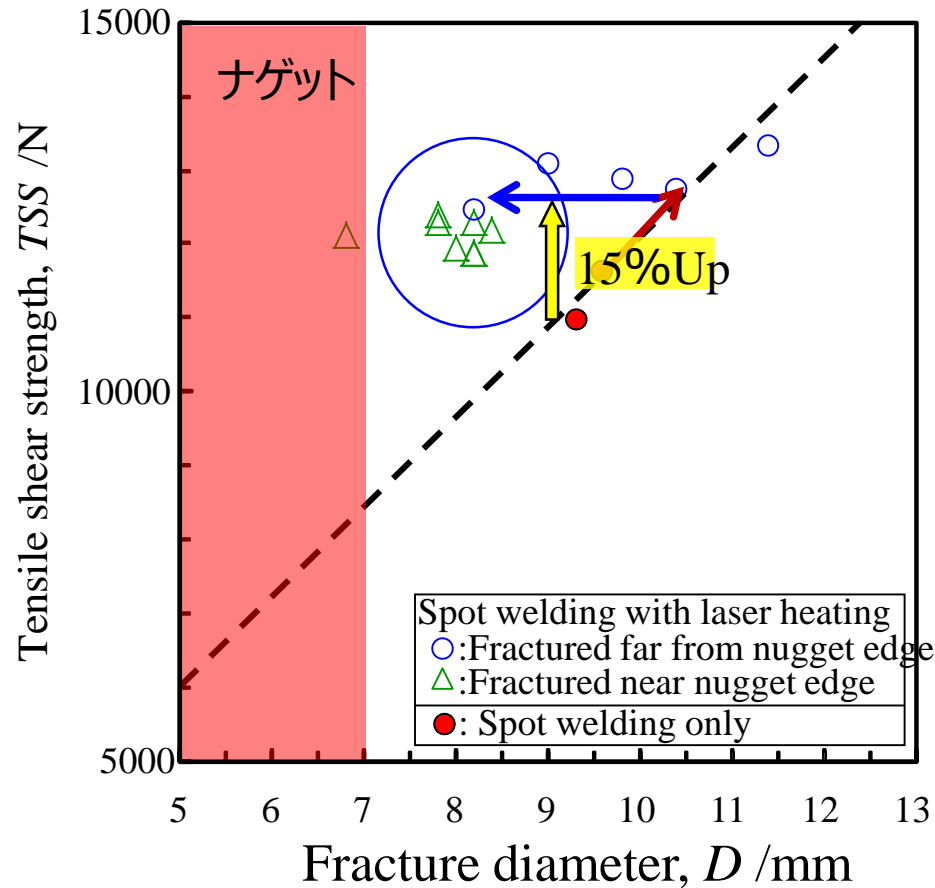
破断位置がナゲット端部に移行



ナゲット中心から破断位置までの距離, $D/2$ /mm

ナゲット端に破断位置が移行するまで継手強度向上が見込める。

ナゲット径と引張せん断強度の関係



ナゲット端に破断位置が移行するまで継手強度向上が見込める。

結 論

スポット溶接重ね継手の引張せん断強度について、過去の研究者による強度予測式を元にして、強度向上に必要な因子を抽出し、この概念に基づいてスポット溶接継手の高強度化を検討したところ以下の知見が得られた。

- 1) 強度向上には破断位置をナゲット端部から遠ざけることが有効である。
- 2) 破断位置をナゲット端部から遠ざけるために、レーザ加熱による硬化領域をナゲット端部近傍に生成させることは有効である。
- 3) 硬化領域を大きくすることにより、破断位置がナゲット端から遠ざかり、その結果として、引張せん断強度をおよそ15%程度の高強度化できた。