

セルフピアシングリベットとメカニカルクリンチによる アルミニウム合金板と高張力鋼板の塑性接合

安部洋平（豊橋技術科学大学）

自動車軽量化のためのアルミ合金と高張力鋼板の接合

板 材	引張強さMPa	比重	比強度MPa	融点℃
アルミ合金板 A5052	260	2.7	96	600
高張力鋼板 SPFC590	590	7.8	76	1500
超高張力鋼板 SPFC980	980	7.8	125	1500
軟鋼板	270	7.8	35	1500

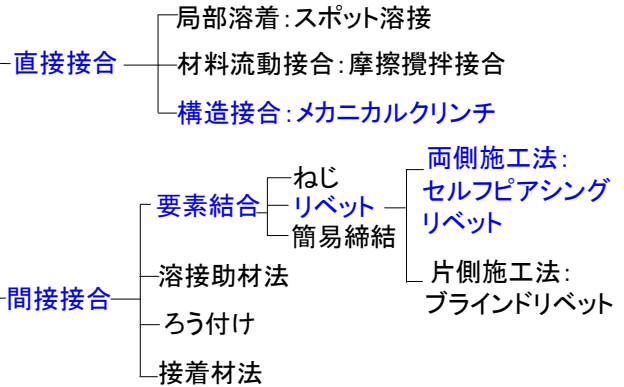
アルミニウム合金板の部分採用化

高張力鋼板とアルミニウム合金の複合化

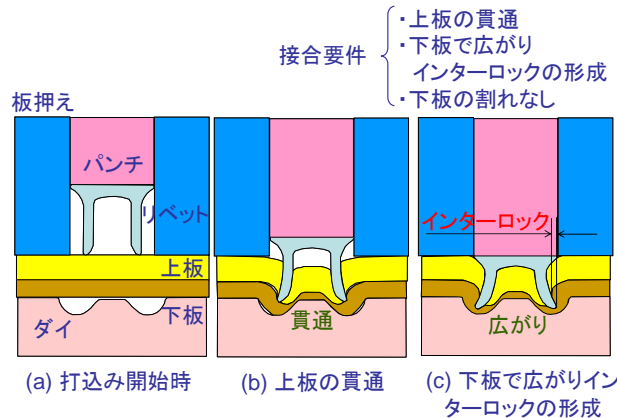
溶接が困難

塑性接合

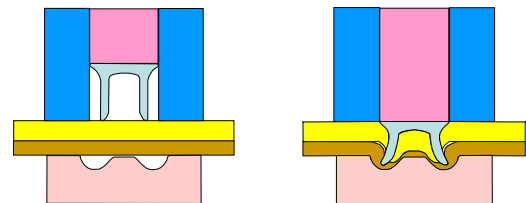
接合法の分類



セルフピアシングリベットによる接合

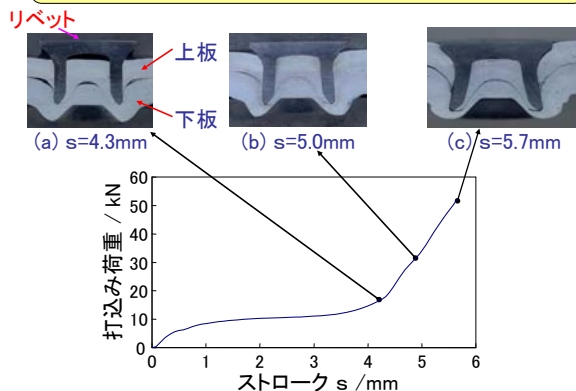


セルフピアシングリベットの特徵

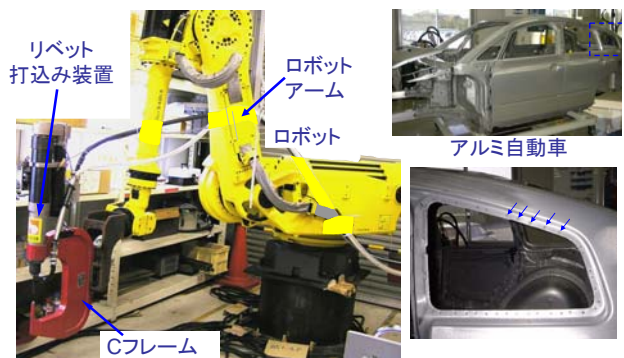


- 母材に直接打込む → 事前穴あけ不要
- 冷間加工で塑性接合 → 母材の熱影響無し
接合性は板材の変形特性より決定
- 融点の異なる異種金属の接合が可能
- 多層板接合が可能

アルミニウム合金板の接合挙動と打込み荷重 (上板A5052, 1.5mm, 下板A5052, 2.0mm)



セルフピアシングリベットの接合ロボットと実用部例

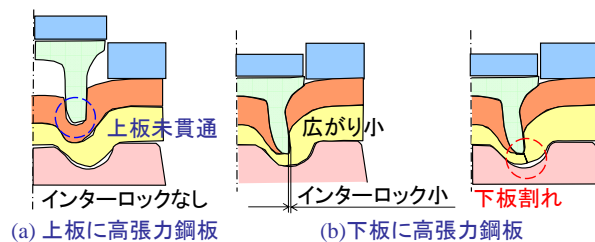


アルミ合金板と高張力鋼板の機械的特性

	材種	板厚 /mm	引張強さ / MPa	伸び /%
アルミ合金板	A5052-H34	1.5	258	10
軟鋼板	SPCC	1.6	315	34
高張力鋼板	SPFC440	1.4	453	33
	SPFC590	1.4	548	22
超高張力鋼板	SPFC980	1.4	991	18
リベット	ボロン鋼	-	1955	-

鋼板強度大→延性低下

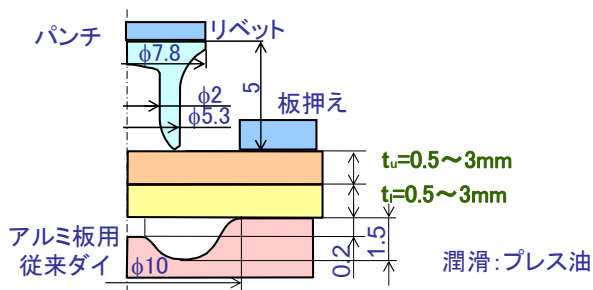
アルミ合金板と高張力鋼板の接合における問題点



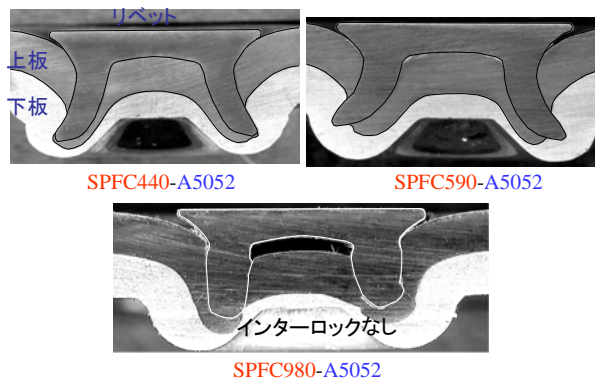
(a) 上板に高張力鋼板

(b) 下板に高張力鋼板

アルミ合金板と高張力鋼板の接合条件



上板高張力鋼板と下板アルミニウム合金板の接合 ($t_u=1.4\text{mm}$, $t_l=1.5\text{mm}$)

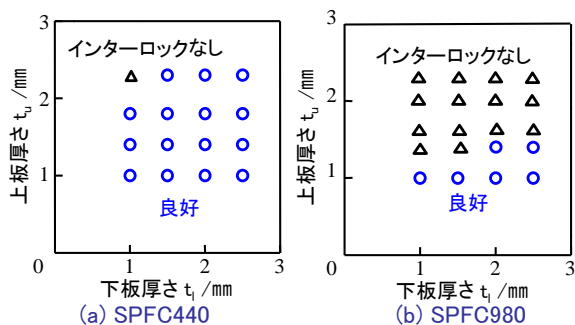


SPFC440-A5052

SPFC590-A5052

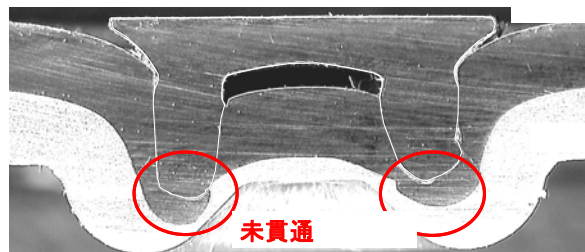
SPFC980-A5052

実験による上板高張力鋼板-下板アルミ合金板の接合範囲

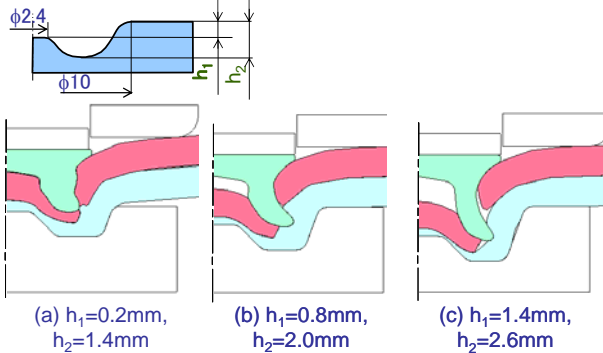


強度の増加→接合範囲が狭い, 下板が大きい範囲→接合性良好

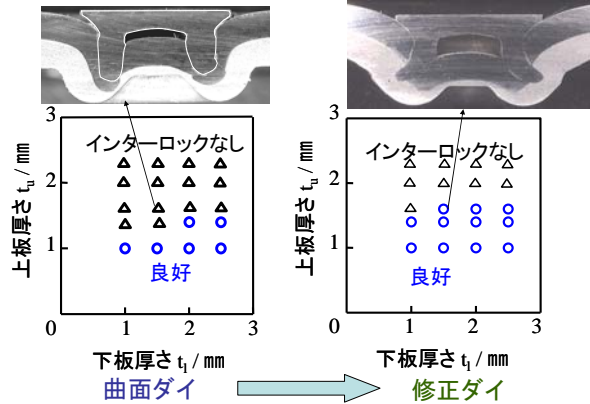
SPFC980とアルミ合金板の接合不良 (1.4mm-1.5mm)



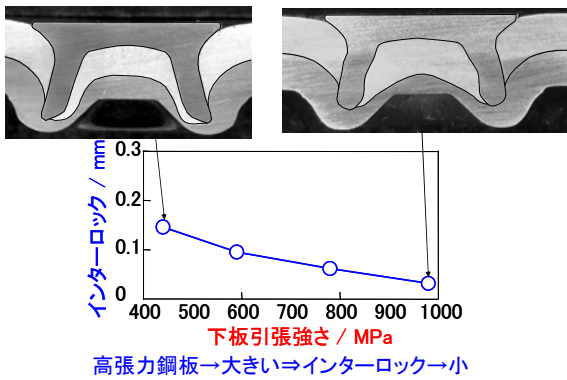
計算による上板貫通におよぼすダイ形状の影響
(上板 SPFC980 1.4mm, 下板 A5052 1.5mm)



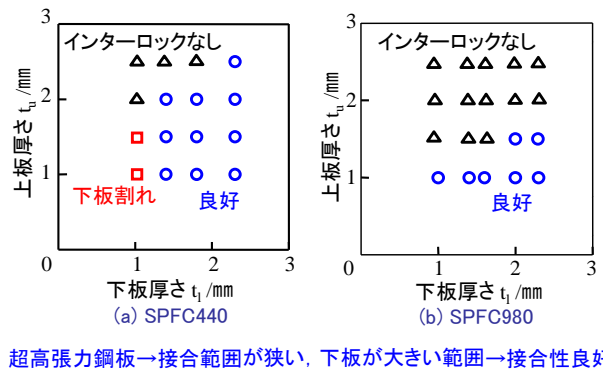
実験による修正ダイを用いた SPFC980-A5052の接合範囲



下板高張力鋼板におけるインターロックに及ぼす下板強度の影響 (A5052 1.5mm- 高張力鋼板1.4mm)

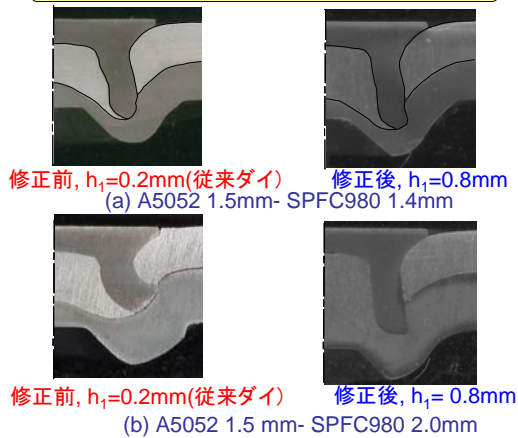


実験による上板アルミ合金板-下板高張力鋼板の接合範囲

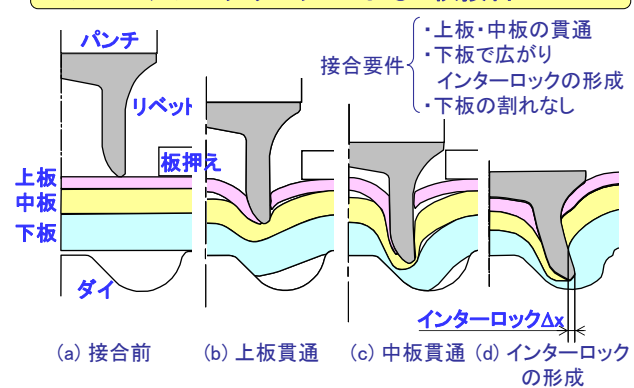


超高張力鋼板 → 接合範囲が狭い, 下板が大きい範囲 → 接合性良好

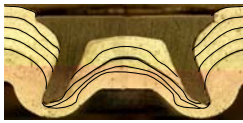
修正ダイによるA5052-SPFC980の接合



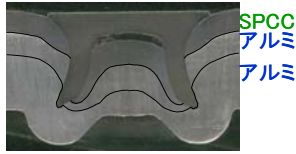
セルフピアシングリベットによる3枚接合プロセス



セルフピアスリベットによる3枚以上の接合



(a) アルミ合金板の5枚
(上から4枚目まで0.5mm, 下板=1.5mm)



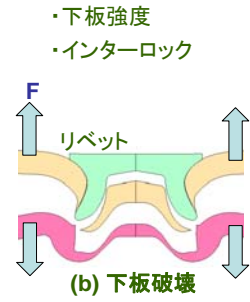
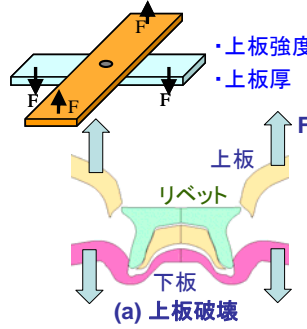
(b) SPCCとアルミ合金板
(上板, 中板=1mm, 下板=2.5mm)



インターロックΔx

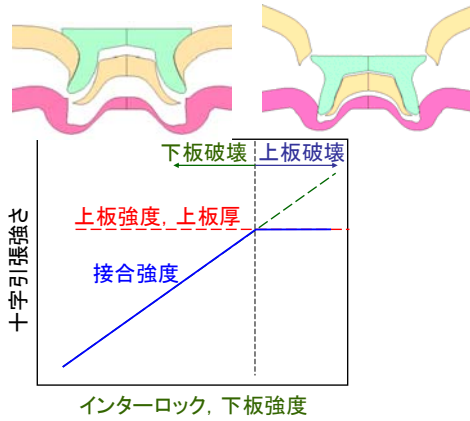
(c) 高張力鋼板とアルミ合金板(上板, 中板=1mm, 下板=2.5mm)

リベット接合後の十字引張試験強度と破壊状態

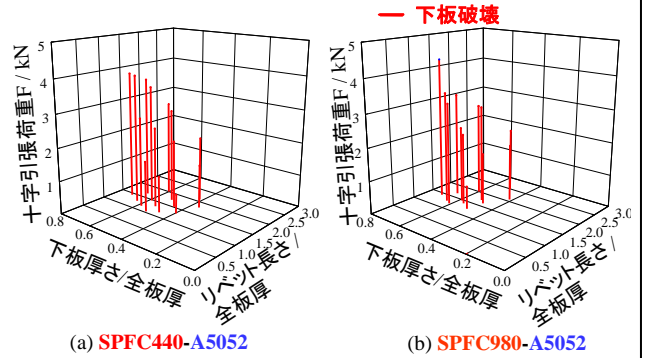


(上板破壊強度) < (下板破壊強度) → 上板破壊
(上板破壊強度) > (下板破壊強度) → 下板破壊

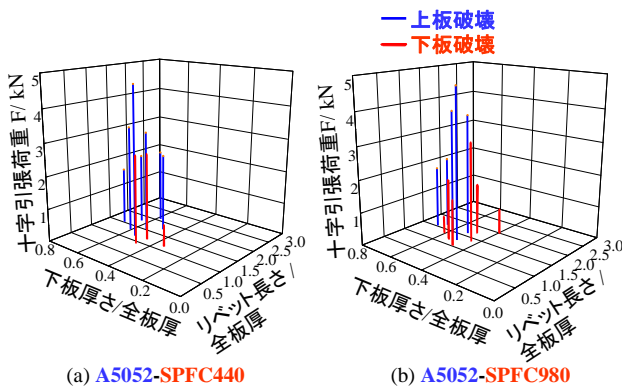
十字引張試験強度の考え方



実験による十字引張試験結果 (SPFC-A5052)

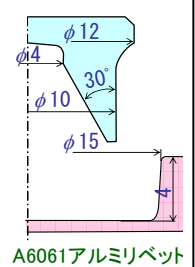
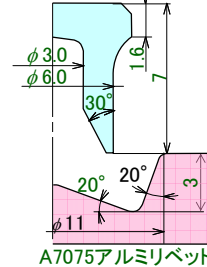
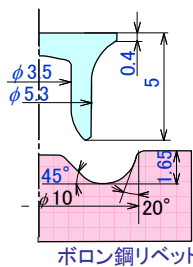


実験による十字引張試験結果 (A5052-SPFC)

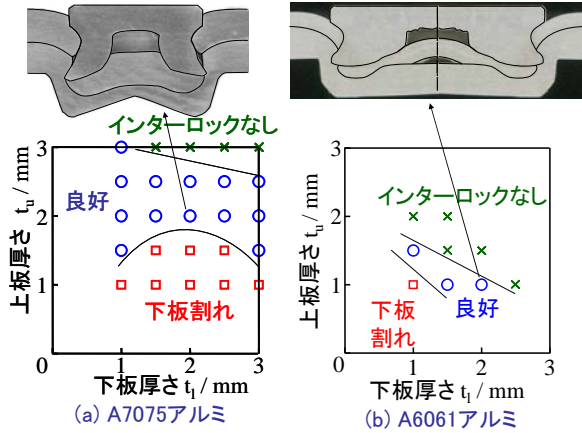


アルミ合金製リベットの開発

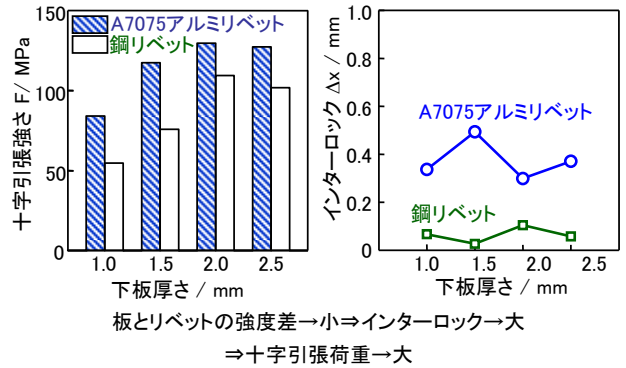
材質	引張強度 / MPa
板	A5052-H34 244
リベット	A6061-T6 300
	A7075-T6 671
	ポロン鋼 1955



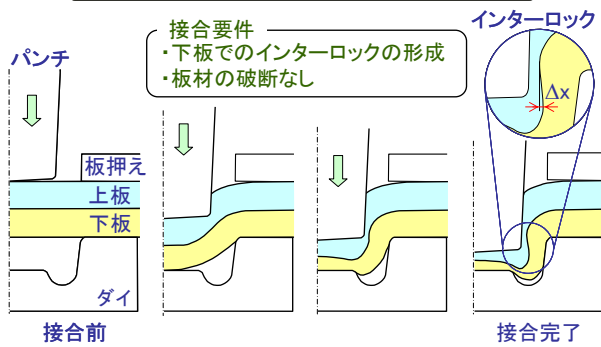
アルミ合金製リベットの接合範囲



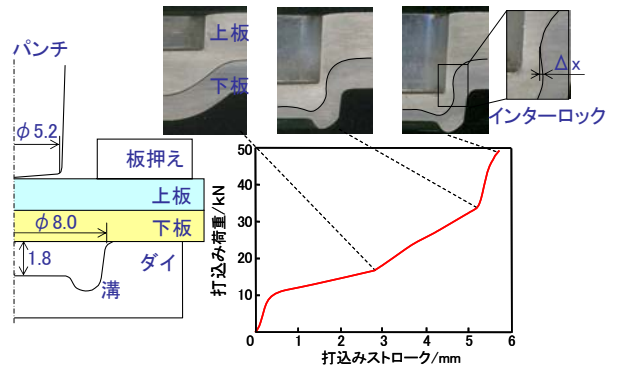
鋼リベットと設計アルミリベットの接合強度比較 (上板厚さ2.0mm)



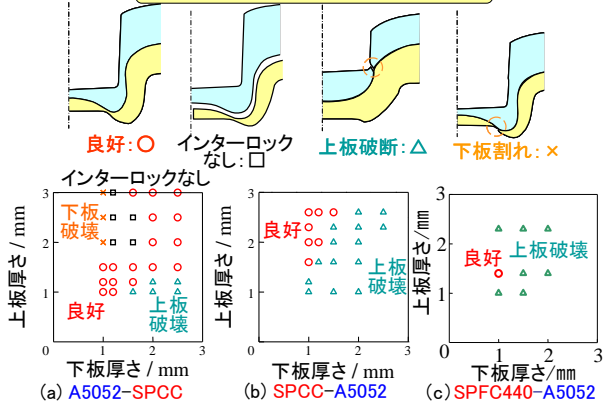
メカニカルクリンチングの接合プロセス



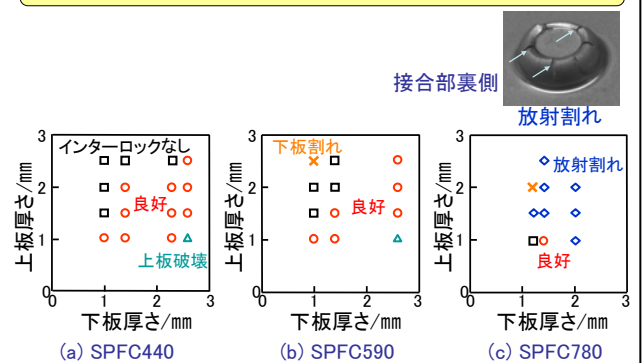
クリンチ接合の変形挙動と打込み荷重 (上板 アルミ合金 3mm, 下板 SPCC 2mm)



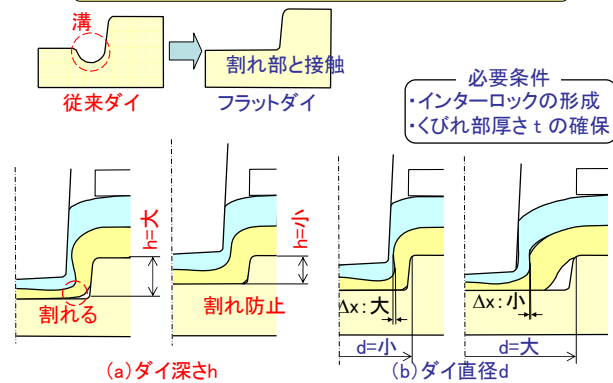
鋼板の配置による接合性



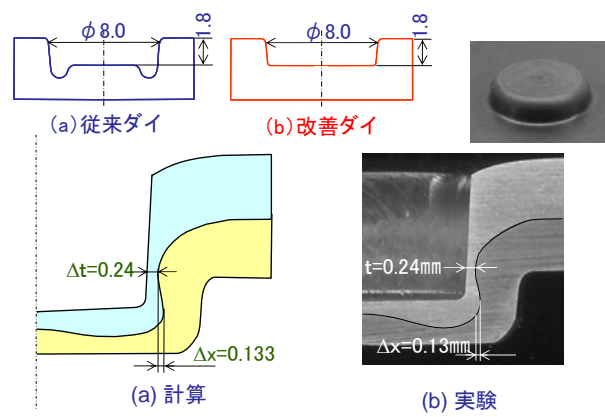
実験による上板A5052-下板高張力鋼板の接合範囲



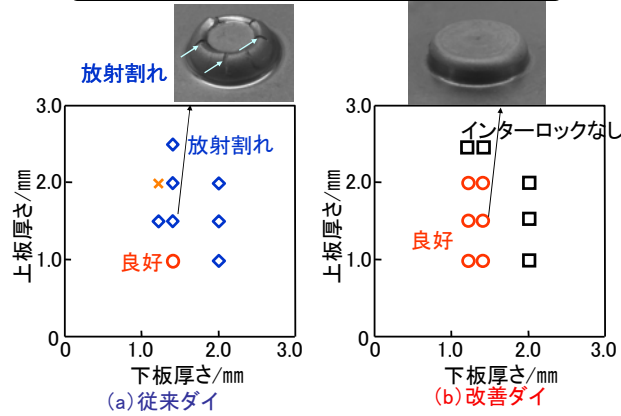
フラットダイによる割れの防止とダイ形状の影響



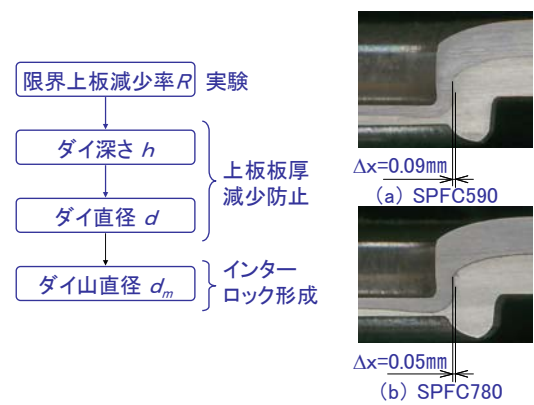
改善ダイによる変形挙動 (A5052 1.5mm, 下板SPFC780 1.4mm)



従来ダイと改善ダイの接合範囲の比較 (A5052 1.5mm, 下板SPFC780 1.4mm)



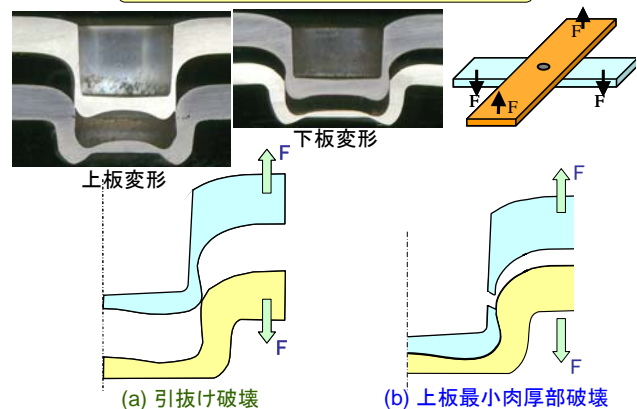
上板鋼板におけるダイ直径・深さの最適化の手順と割れの防止



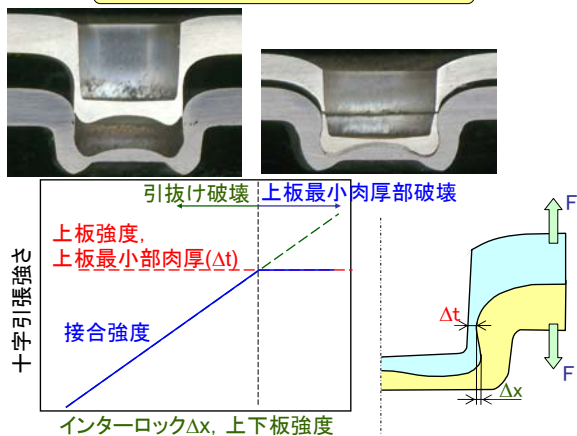
メカニカルクリンチによる3枚接合, 四角形メカニカルクリンチ



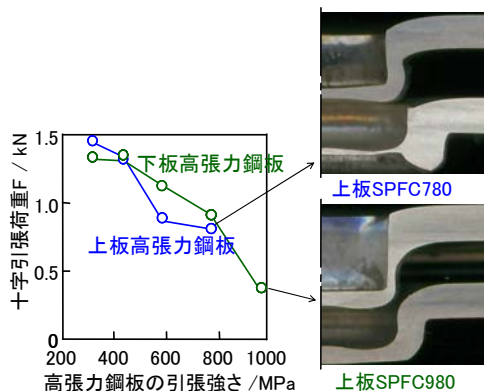
十字引張り試験における破壊



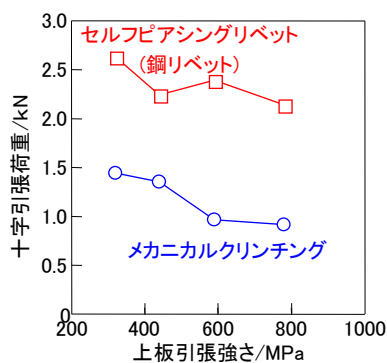
十字引張試験強度の考え方



アルミ合金板と高張力鋼板の接合体の十字引張荷重



セルフピアスリベットとクリンチの接合体の十字引張荷重(高張力鋼板とアルミ合金板)



むすび

- ・板材の塑性変形を利用したセルフピアスリベットとメカニカルクリンチによりアルミニウム合金と高張力鋼板を接合した。
- ・接合性は、板材の強度、板厚、枚数、組合せに大きく左右されるが、ダイ形状の改善によりある程度改善できた。
- ・メカニカルクリンチよりもセルフピアスリベットによる接合強度は大きい。
- ・良好に接合できた接合体の強度はアルミニウム合金板で破壊する。

参考文献

<セルフピアスリベット>

- 1, 軟鋼板とアルミニウム合金板の接合
 - ・加藤亨, 安部洋平, 森謙一郎, 呉宣, 塑性と加工, 47-541(2006), 149-153
- 2, 高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合
 - ・加藤亨, 安部洋平, 森謙一郎, ユヌソフ ラフシャンベク, 自動車技術会論文集, 37-6(2006), 219-224.
 - ・加藤亨, 森謙一郎, 安部洋平, 自動車技術, 61-4(2007), 42-48.
 - ・K. Mori, T. Kato, Y. Abe, Y. Ravshanbek, Annals of the CIRP, 55-1(2006), 283-286.
- 3, アルミニウム合金リベットによるアルミニウム合金板の接合
 - ・安部洋平, 篠原正広, 加藤亨, 森謙一郎, 塑性加工春季講演会講演論文集(2007), 99-100.
 - ・Y. Abe, T. Kato and K. Mori, Proc. 2nd Int. Conf. New Forming Tech. (ed. F. Vollertsen et al.), (2007), 451-460.
- 4, 3枚板の接合
 - ・加藤亨, 安部洋平, 酒井慎吾, 森謙一郎, 塑性加工春季講演会講演論文集(2007), 99-100.
 - ・Y. Abe, T. Kato and K. Mori, Proc. 11th Int. ESAFORM Conf. on Material Forming (e.d. P. Boisse), (2008), CD-ROM.
 - ・T. Kato, Y. Abe and K. Mori, Key Engineering Materials, 340-341(2007), 1461-1466.

<メカニカルクリンチング>

- ・加藤亨, 安部洋平, 松田晃, 森謙一郎, 塑性加工春季講演会講演論文集(2007), 93-94.
- ・Y. Abe, T. Kato and K. Mori, Materials Science Forum, 561-565(2007), 1043-1046.