

TUBO RADIANTE IMBUTITO A FREDDO SOFTWARE DEFORM SIMULAZIONE IMBUTITURA PER ELIMINARE CRICCHE, GRINZE E RIDURRE IL NUMERO DI STAZIONI

Premessa

Nicro vanta più di trent'anni di esperienza nella produzione di attrezzature speciali e installazioni per forni da trattamento termico nei settori metallurgico, chimico, petrolchimico, farmaceutico e marino. I loro prodotti vengono esportati nei paesi più importanti del mondo. Specializzati nello sviluppo e nella costruzione di componenti in acciaio ad elevato tenore di nichel, Nicro offre soluzioni proattive e mirate per progetti industriali complessi che coinvolgono ambienti fortemente corrosivi e ad elevate temperature.

Per la prima volta nella sua storia, Nicro si è avvalsa della tecnologia di simulazione dell'imbutitura con software dedicato DEFORM per la risoluzione di un problema relativo al ciclo di produzione di uno dei suoi prodotti e per lo studio di una nuova configurazione. Il gruppo di lavoro di Nicro è composto da Ecotre Valente di Brescia per il servizio di simulazione DEFORM e la consulenza metallurgica e di processo e l'Università di Brescia per la caratterizzazione sperimentali delle lamiere da imbutire.

Produzione di tubi radianti



Fig. 1: Il tubo radiante prodotto.

L'obiettivo di questo studio è la fase di stampaggio a freddo, del ciclo di produzione, di tubi radianti a quattro vie cosiddetti "a doppia P", realizzati in lega Alloy 601, un acciaio ad elevato tenore di nichel.

In questi ultimi anni, la richiesta di risparmio energetico e di rispetto per l'ambiente, accanto alla necessità di temperature sempre più elevate e grandi volumi di produzione, ha spinto la ricerca verso un nuovo tipo di tubo radiante. Questa tipologia, prodotta con lamiere d'acciaio aventi uno spessore di 3-4mm, combinate con la nuova generazione di bruciatori, sta diventando sempre più diffusa nei recenti sistemi CAL (Linea di Ricottura in Continuo) e CGL (Linee di Zincatura in Continuo), e sempre più clienti stanno sostituendo i vecchi tubi ottenuti per colata con nuovi tubi ottenuti da lamiera deformata.

Il vecchio ciclo di imbutitura a 3 stazioni

Sino ad oggi, la realizzazione di questi component richiedeva tre stazioni di deformazione a freddo e l'utilizzo di materiali aventi particolari caratteristiche di plasticità adatte all'imbutitura profonda. Per le tre stazioni di deformazione erano dunque necessari tempi di attrezzaggio ed impostazioni della pressa idraulica specifici. Al fine di ostacolare la formazione di cricche nella lamiera deformata, era inoltre necessario porre particolare attenzione nell'impostazione dell'ultima stazione.

Tali accorgimenti portavano ad avere lunghi tempi di reperimento del materiale, tempi ciclo specifici per ognuna delle stazioni di formatura, tre diversi attrezzaggi della pressa e la continua movimentazione e stoccaggio delle parti parzialmente deformate alla fine di ogni operazione di stampaggio. Dal punto di vista aziendale questo significava elevate costi di produzione. Inoltre, una percentuale di circa il 4% dei pezzi veniva scartata per la formazione di cricche nella lamiera, visibili in Fig.2, che avveniva durante la seconda stazione di imbutitura, imputabili all'eccessiva usura degli stampi.

Per tutte queste ragioni, Nicro è andata alla ricerca di un partner che fornisse soluzioni adatte a tali problematiche, trovandolo nella Ecotre Valente Srl di Brescia.

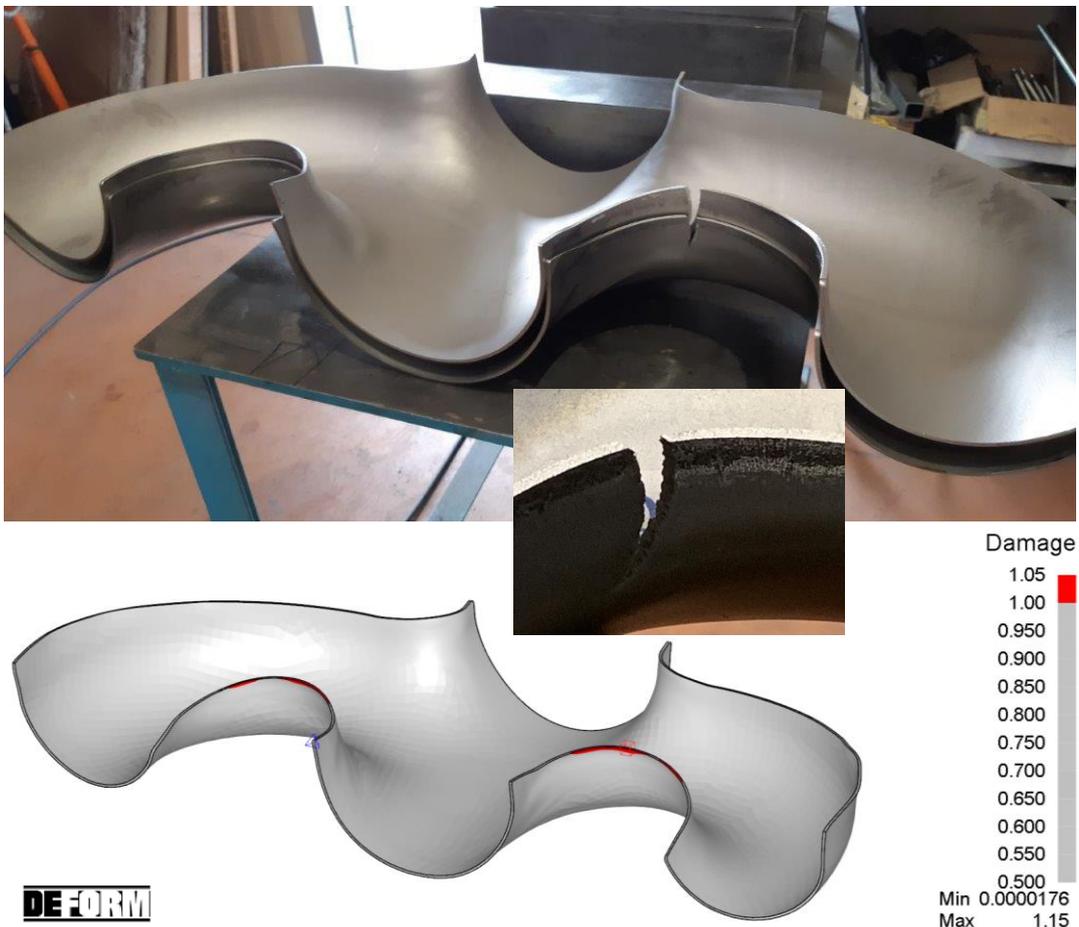


Fig. 2: Confronto fra il tubo criccato e i risultati DEFORM di danneggiamento al termine della simulazione di imbutitura a tre stazioni.. Eccellente allineamento DEFORM-realtà, affidabilità garantita per l'intercettazione delle cricche

Virtualizzazione del vecchio ciclo di imbutitura con software DEFORM

Partendo dalle informazioni del ciclo di produzione, Ecotre Valente Srl ha virtualizzato l'intero ciclo di produzione, costituito da tre operazioni di imbutitura profonda a freddo, del tubo radiante mediante il software DEFORM di simulazione di imbutitura. DEFORM permette di importare la curva limite di formatura (FLC) del materiale della lamiera caratterizzato dall'Università di Brescia. Dalle curve FLC, DEFORM calcola automaticamente il valore di danneggiamento della lamiera metallica durante l'imbutitura. Un valore di danneggiamento superiore all'unità indica l'avvenuta rottura della lamiera. In Fig.2 è possibile osservare il risultato di danneggiamento al termine della terza stazione confrontato con i risultati sperimentali. È chiaramente visibile che si ha la rottura del componente ed inoltre la posizione della cricca in simulazione è la stessa di quella sperimentale.

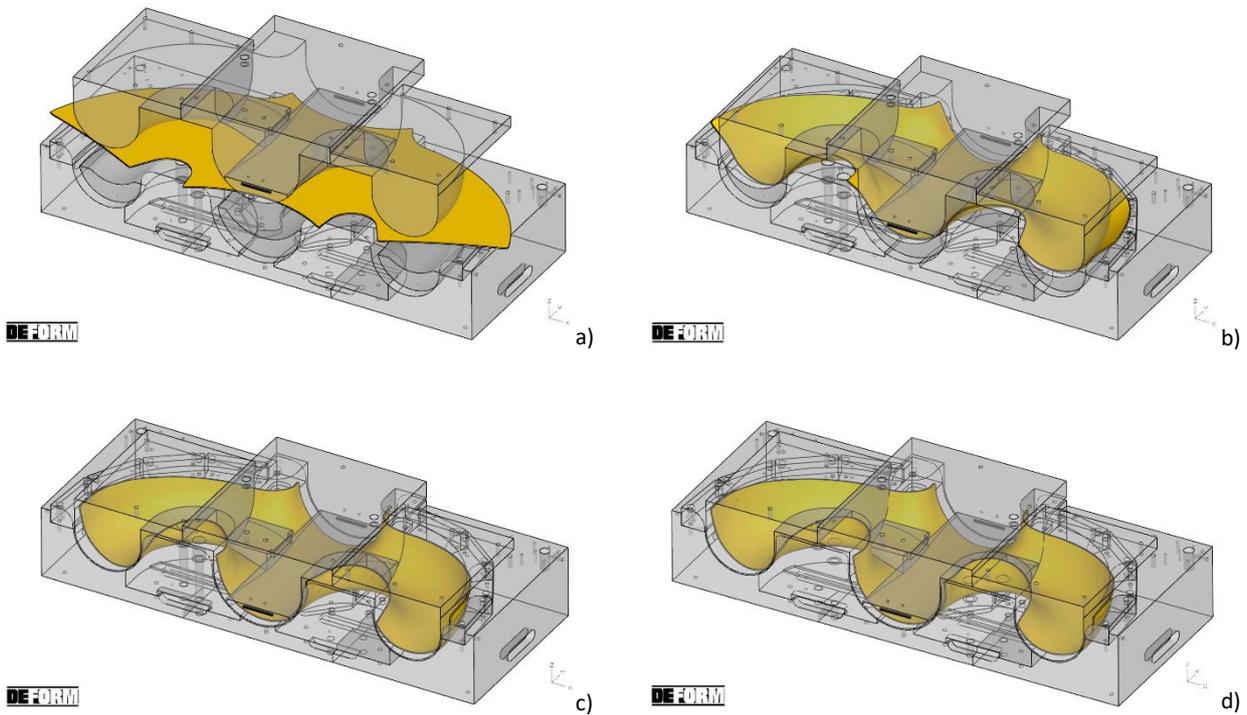


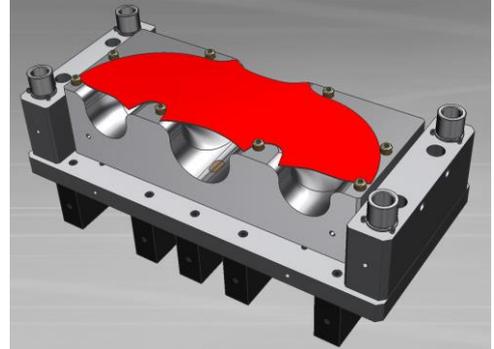
Fig. 3: Simulazione vecchio ciclo di imbutitura: a) configurazione iniziale con lamiera sagomata; b) prima stazione; c) seconda stazione; d) terza stazione.

DEFORM è stato in grado di predire correttamente la formazione della cricca e della sua posizione. Con l'intento di prevenire la rottura della lamiera e di ridurre il numero totale di stazioni di imbutitura, tramite DEFORM, sono state, dunque, virtualizzate differenti topologie della lamiera di partenza e diverse geometrie degli stampi

Lo studio di diverse configurazioni ed il nuovo ciclo produttivo

Grazie alla sinergia tra Nicro, l'Università di Brescia ed Ecotre Valente Srl, sono state individuate e simulate le modifiche geometriche da addurre alla lamiera di partenza ed agli stampi. Tutte le nuove configurazioni analizzate prevedevano la riduzione del numero di stazioni di imbutitura a freddo da tre ad uno.

Per chiudere il cerchio si è reso necessario anche eseguire una progettazione completa del nuovo stampo, concettualmente differente dal precedente che presentava evidenti limiti strutturali. Per lo svolgimento di questa attività Nicro ha deciso di affidarsi allo studio di progettazione PentaP s.r.l. di Bonate Sopra (BG), che collaborando attivamente ha proposto soluzioni migliorative e fornito tutta la documentazione necessaria per il pre-studio, le modifiche di superfici essenziali alla compensazione del ritorno elastico, le verifiche finali e la realizzazione del nuovo stampo.



La rottura avveniva nella zona interna del raccordo di giunzione tra il tubo centrale ed il tubo laterale dalla parte dove erano presenti le tre vie. Il raggio di connessione in questa zona era discontinuo e la rottura della lamiera è stata attribuita inizialmente a tale discontinuità. Per tale ragione, il raggio di collegamento della giunzione per le alternative simulate è stato mantenuto costante. Fig.4 mostra la modifica apportata nell'area precedentemente descritta.

Inoltre, nel disegno originale degli stampi il raggio di raccordo in tale zona era di 15mm. Al fine di ridurre stiramento e scorrimento della lamiera sul raggio di raccordo, la sua dimensione è stata aumentata a 45mm. La variazione del raggio di raccordo è mostrata in Fig.5.

In considerazione delle modifiche geometriche discusse in precedenza, sono state testate tre diverse forme della lamiera di partenza. La Fig.6 mostra i risultati di danneggiamento delle modifiche proposte. La terza modifica ha fornito un valore di danneggiamento inferiore ad 1, quindi tale modifica ha risolto il problema della formazione di cricche e risulta essere la soluzione al problema inizialmente riscontrato.

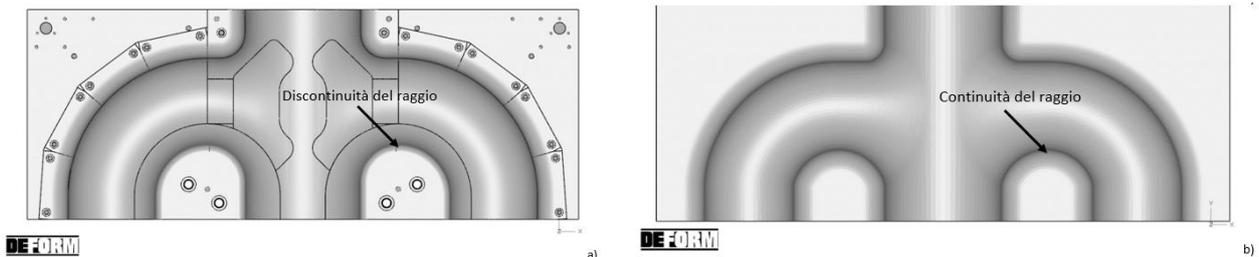


Fig. 4: Confronto dei raggi di giunzione: a) raggio originale discontinuo; b) modifica con raggio continuo.

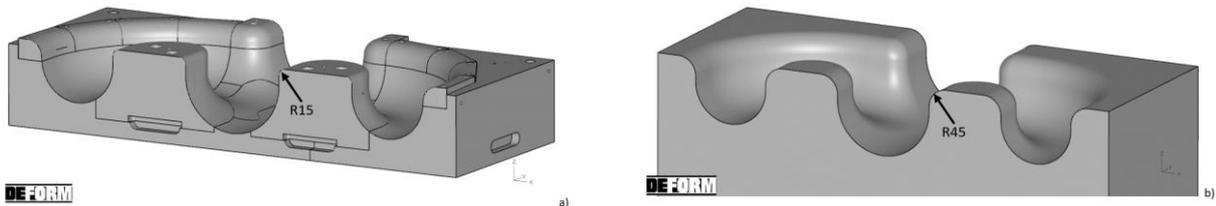


Fig. 5: Confronto dei raggi di raccordo: a) raggio originale R=15mm; b) raggio modificato R=45mm.

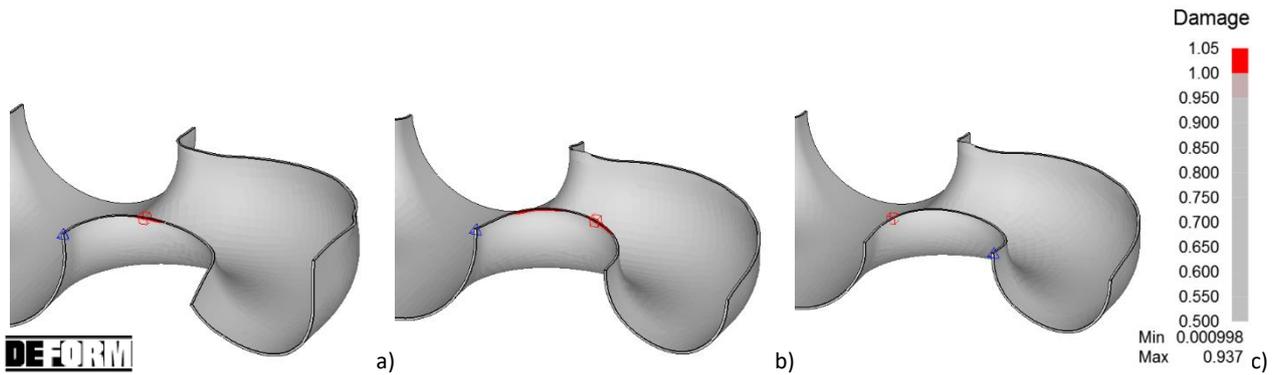


Fig. 6: Confronto in DEFORM del danneggiamento delle tre modifiche alla lamiera di partenza testate. La terza modifica c) ha dato valore minore di 1, evitando la formazione delle cricche

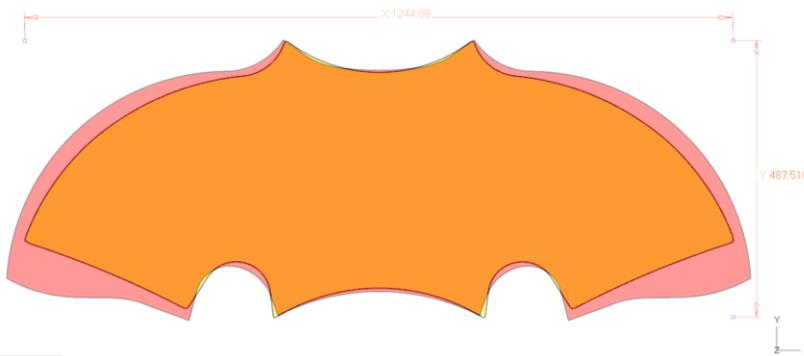
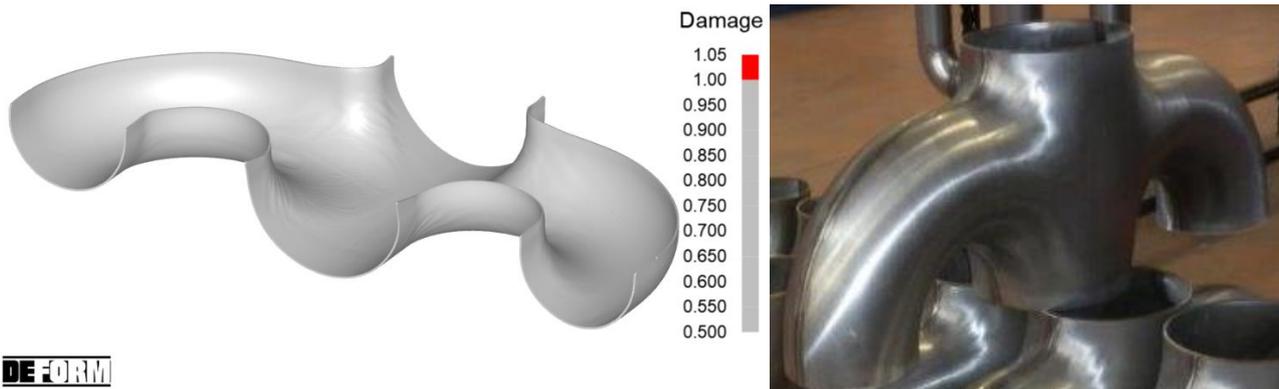


Fig. 7: Confronto fra la forma lamiera originale (in arancio) e la forma della lamiera ottimizzata (in rosso).



Fig. 8: Risultati della prova stampo a singola stazione. Confronto fra il tubo con le grinze e i risultati della simulazione di imbutitura a singola stazione. Eccellente allineamento DEFORM-realtà, affidabilità garantita per l'intercettazione delle grinze

Per evitare la formazione delle grinze è stata aggiunta una seconda operazione. Con l'aggiunta di una stazione di preformatura si è evitata la formazione di grinze e di cricche, raggiungendo gli obiettivi di Nicro.



DEFORM

Fig. 9: Il tubo radiante a fine stampaggio è conforme, esente da grinze e da cricche

Conclusioni

Il contributo della simulazione del processo sullo sviluppo dei tubi radianti è ben documentato. Tale caso di studio illustra come DEFORM contribuisca a analizzare come i parametri di processo e le caratteristiche geometriche influiscano sulla qualità finale del prodotto. L'analisi dei risultati di simulazione ha suggerito delle modifiche al processo produttivo che hanno permesso di raggiungere i seguenti obiettivi:

1. Riduzione dei tempi di consegna del materiale, passando da un Alloy 601 con determinate caratteristiche di allungamento ad un Alloy 601 standard;
2. Rapidità nell'inizio della produzione, grazie all'utilizzo di un materiale spesso già presente in magazzino;
3. Riduzione dei tempi di stampaggio, con una sola fase anziché tre;
4. Riduzione dei tempi di attrezzaggio dell'impianto;
5. Riduzione delle movimentazioni di materiale;
6. Scomparsa di cricche nel prodotto finale.

Tali migliorie hanno portato alla riduzione di tempi e costi di produzione.

DEFORM è uno strumento affidabile e predittivo che fornisce riscontri essenziali al progettista del ciclo di produzione sin dalle prime fasi di sviluppo. Molto importante inoltre è la possibilità di intercettare la presenza di difetti in fase di simulazione e poterli quindi eliminare completamente prima della fase di produzione.

Nicro può ora contare su due partner solidi per ciò che riguarda la Ricerca & Sviluppo, con una evoluzione nella realizzazione di uno dei prodotti chiave dell'azienda.

Ringraziamenti

Le geometrie e le condizioni di processo sono state fornite da Nicro Spa di Vailate (CR) Italia. Questa attività è stata sviluppata in collaborazione con l'Università di Brescia, PentaP Srl ed Ecotre Valente Srl, il distributore esclusivo di DEFORM per l'Italia. ECOTRE Valente è specialista in metallurgia, virtualizzazione di processi produttivi, distributore di software di simulazione per la fonderia, la deformazione plastica dei metalli e trattamenti termici. Ecotre ringrazia il Sig. Marena Gianni per aver condiviso con noi questa esperienza con DEFORM.