

# Efficienza energetica nelle macchine utensili **per la deformazione plastica**

LE TEMATICHE DI EFFICIENZA ENERGETICA E IMPATTO AMBIENTALE DI PROCESSI PRODUTTIVI E MACCHINE UTENSILI RIVESTONO UN CRESCENTE INTERESSE E RISULTANO OGGETTO DI ATTENTE ANALISI, VOLTE A UNA COMPLETA COMPrensIONE DEL PROBLEMA E ALL'INDIVIDUAZIONE DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE E/O GESTIONALI MIGLIORATIVE. A BENEFICIO DEGLI OPERATORI, VENGONO PRESI IN ESAME GLI ASPETTI DI CONSUMO ENERGETICO DEI MACCHINARI PER LA DEFORMAZIONE PLASTICA, RIPORTANDO ANALISI, RILIEVI SPERIMENTALI E PROPOSTE MIGLIORATIVE.

Il paradigma di produzione sostenibile può essere perseguito anche all'interno dell'industria di deformazione, agendo su specifiche del prodotto da realizzare, definizione del processo tecnologico da implementare e progettazione della macchina/sistema che esegue la produzione. I macchinari per deformazione plastica costituiscono oggi una tipologia di macchina utensile ampiamente diffusa sul mercato e la cui costruzione è localizzata in pochi paesi: Usa, Cina, Giappone, Germania e Italia. Esempi di macchine per la deformazione dei metalli sono presse per imbutitura, per piegatura e per forgiatura, macchine per pressofusione, mentre macchine per termoformatura e stampaggio a iniezione sono tipiche applicazioni per la lavorazione di plastiche e gomme. Le statistiche correnti fanno presupporre un futuro aumento

della domanda di nuove presse e quindi un incremento dell'impatto ambientale derivante dalla loro produzione/utilizzo: non a caso, le macchine per deformazione plastica rientrano tra i macchinari soggetti alle direttive EuP/ErP e ai lavori a esse legati (studio preparatorio dei Fraunhofer, iniziativa di autoregolamentazione di Cecimo, ecc.). Sul versante normativo, il comitato tecnico preposto alla definizione della norma ISO 14955 sulla valutazione dell'impatto ambientale di macchine utensili ha riservato una sezione specifica – la parte 4 [3], attualmente DIS – alle specifiche di test e procedure da eseguire durante i rilievi energetici di misura su macchine per deformazione plastica. Appare dunque utile fornire indicazioni volte al perseguimento di obiettivi di efficienza energetica nel segmento "presse".





## Le macchine per la deformazione plastica

In linea generale, le presse si differenziano per tipologia di funzionamento e per materiale che lavorano. In commercio vi sono diverse tipologie di presse, le principali possono essere classificate in base all'attuazione:

- Presse idrauliche
- Presse meccaniche
- Presse elettriche (evoluzione delle presse meccaniche, presenza di motori brushless per la generazione del moto)
- Presse idroformatrici

La scelta di adottare un tipo di pressa piuttosto che un'altra dipende da molteplici fattori: specifiche del prodotto o dell'output atteso, prestazioni richieste dalla macchina, sistema e processo desiderati. Tra i drive che guidano la scelta, il consumo energetico

e l'impatto ambientale possono assumere un certo peso, anche se l'incidenza di vincoli e specifiche tecniche è a volte determinante: al criterio di incremento dell'efficienza energetica può essere però demandato un ruolo non marginale all'interno del processo di progettazione e costruzione della pressa anche a valle della scelta dell'attuazione e a livello operativo durante l'utilizzo della pressa stessa (parametri e strategie di processo, gestione degli stati). Va notato che i campi di applicazione delle presse oleodinamiche da una parte e delle presse elettriche/meccaniche dall'altra sono sempre stati poco sovrapponibili. Le prime permettono un'ampia possibilità di regolazione, mentre le seconde garantiscono ampia velocità di pressata. Sicuramente in alcuni comparti applicativi, in cui sono richiesti lotti di grandi dimensioni, si è assistito a una modifica del design dei pezzi

per renderli gestibili per esempio con stampaggio su presse elettro-meccaniche, usufruendo della loro maggiore velocità: in ogni caso non c'è una soluzione che sia sempre dominante su un'altra. In molti settori di formatura «speciale», es. ambito aerospaziale o in processi di imbutitura profonda, l'azionamento oleodinamico risulta ancora la soluzione migliore, se non quella necessaria.

### Consumo energetico nelle presse

Studi e analisi delle problematiche di efficienza energetica di macchine per deformazione plastica sono disponibili a livello di letteratura tecnico/scientifica. L'Università di Porto ha condotto un'analisi LCA su presse idrauliche per la piegatura della lamiera, rilevando che significativi contributi di energia sono presenti sia in termini di corrente elettrica richiesta in fase di utilizzo (55%), sia in fase di costruzione/assemblaggio della macchina (45%). Per altri processi di deformazione, in particolare per quelli massivi e/o interessati dalla presenza di processi termici, i consumi energetici in fase d'uso risultano ampiamente dominanti. Nel medesimo studio, il monitoraggio giornaliero dell'assorbimento di potenza di una pressa idraulica (forza max di 170ton, potenza di targa di 15kW) utilizzata nell'esecuzione di cicli standard di piegatura lamiera evidenzia la ripartizione dei consumi energetici tra i vari stati macchina: working 52%, standby 43%, off (in funzione per necessità la sola cabina elettrica) 5%. Nel macchinario in esame è però installato un sistema di controllo di potenza per lo spegnimento automatico della macchina nel caso sia superato un intervallo temporale di standby di 10min: nelle applicazioni comunemente utilizzate nella realtà aziendale, l'incidenza dello stato di standby sui consumi può essere anche superiore. Misure effettuate da MUSP su servo-presse elettriche per stampaggio (320ton) di Mossini evidenziano un assorbimento medio di potenza in standby di circa 8kW, di cui il 34% imputato al chiller, 40% all'alimentazione di base, 26% agli azionamenti. Si evince dunque come una rilevante porzione dell'energia totale richiesta dalla macchina per deformazione plastica (elettrica) sia legata al

suo stesso mantenimento in uno stato di idle, senza che esegui alcun ciclo di lavoro. Nel caso di pressa idraulica tradizionale di qualità medio/bassa, i consumi di standby sono spesso dovuti al funzionamento continuo della centralina idraulica che lavora a potenza massima di regime anche quando i meccanismi sono fermi; con riferimento alle presse elettriche, tali consumi "basali" invece sono legati al funzionamento dei sistemi ausiliari deputati a raffreddamento/termostatazione degli elementi macchina. Aspetti cruciali sono dunque la riduzione della durata del singolo ciclo (in primis mediante minimizzazione dei tempi di attesa e di setup) e la possibile adozione di tecnologie e strategie operative/gestionali per ridurre il consumo energetico in standby. Da un raffronto tra i rilievi energetici effettuati dall'università di Porto su due presse con differente tipologia di azionamento, rispettivamente idraulico ed elettrico, durante l'esecuzione di un ciclo di piegatura di una lamiera, è possibile notare come la potenza media assorbita dalla pressa elettrica (forza max pressatura 100ton, potenza motore principale 11kW) e quella richiesta dalla pressa idraulica (forza max pressatura 110ton, potenza installata 11kW) risultino in rapporto 1:2. In linea generale, l'azionamento idraulico in sé risulta maggiormente inefficiente rispetto a quello elettrico dal punto di vista energetico, specialmente in presenza di forze dell'ordine di 10-100ton (es. piegature di tubi o lamiere), di fatto a causa del mantenimento a regime del sistema idraulico. Nelle presse elettriche è inoltre possibile prevedere l'installazione di dispositivi rigenerativi per il recupero dell'energia in fase di frenata del sistema di chiusura, energia restituita in rete sotto forma di corrente elettrica.

A prescindere dalla tipologia di pressa, soprattutto durante l'esecuzione di lavorazioni pesanti (con forze superiori a 1000ton, es. lavorazioni pesanti di fucinatura e idroformatura) assumono invece rilevanza dal punto di vista energetico l'effetto gravitazionale delle masse degli elementi macchina e gli attriti. L'indicazione è di procedere a livello operativo con l'ottimizzazione delle corse, onde evitare il più possibile il movimento a vuoto del macchinario, e a livello costruttivo con l'adozione di un approccio

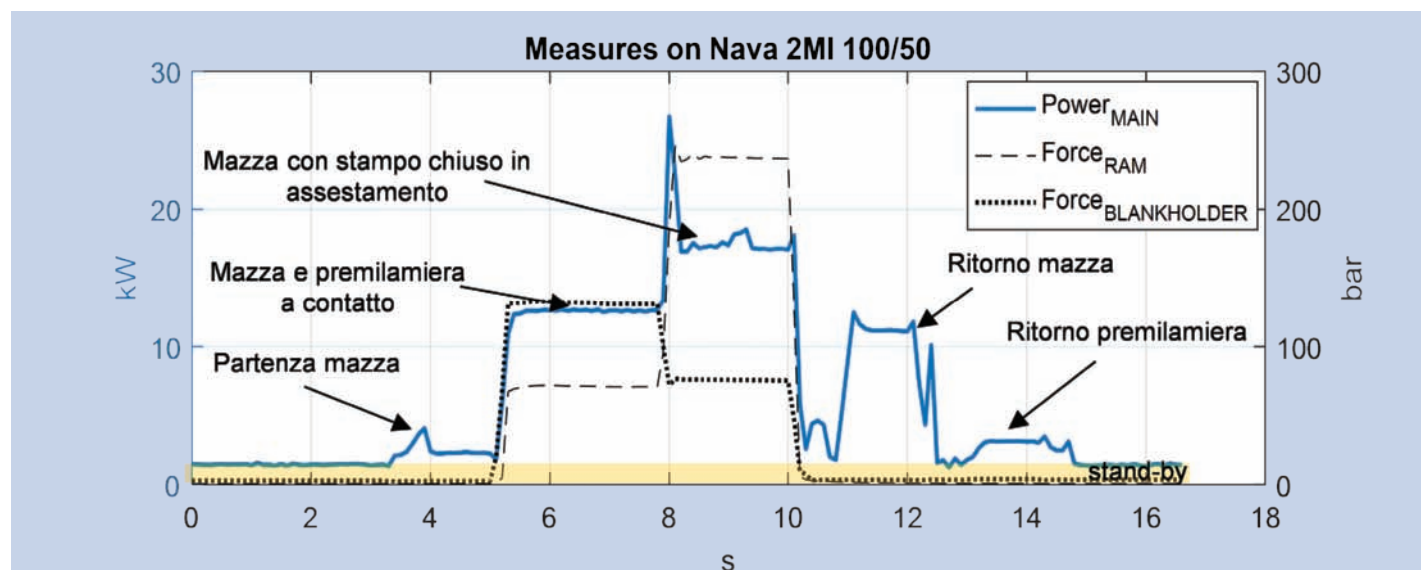


Fig.1 - Rilievi energetici durante ciclo di prova su pressa 2MI 100/50 di Fratelli Nava Srl.



Fig. 2 - Pressa 2MI 1200/500 di F.lli Nava Srl, per imbutitura classica o con azione dal basso, regolazione premilamiera su cinque punti di spinta.

orientato al lightweight design, valutando però il trade-off con la necessità di avere un'adeguata rigidità strutturale volta a limitare le deformazioni elastiche della struttura stessa.

### Prove e misure di potenza su presse oleodinamiche Nava

Le presse idrauliche/oleodinamiche costituiscono una tipologia di macchinario per deformazione plastica che risulta attualmente di utilizzo comune in varie applicazioni (gomma/plastica, prodotti e componentistica in lamiera, termocompressione, elastoformatura per aerospace) nel comparto industriale italiano e sono quindi trattate quali particolare oggetto di analisi, con l'idea di fornire dati sperimentali sui consumi energetici e indicazioni su soluzioni eco-efficienti migliorative. I macchinari in oggetto, così come le macchine utensili in generale, costituiscono beni strumentali caratterizzati da cicli di vita molto lunghi e da elevati costi di investimento: le aziende italiane, soprattutto le PMI, utilizzano quindi tutt'ora macchine "datate" e potenzialmente inefficienti. È utile dunque comprendere l'eventuale gap esistente a livello di efficienza energetica nelle macchine per deformazione plastica che costituiscono l'attuale comparto utilizzatore, per poi proporre e incentivare la sostituzione e/o il ricondizionamento di queste a favore di soluzioni volte – tra i vari obiettivi – a ridurre i consumi energetici. In particolare, l'autore, in collaborazione con il costruttore F.lli Nava Srl di Monza (MB) e MUSP, ha



Fig. 3 - Pressa 2MI 500/300 di F.lli Nava Srl, per imbutitura classica e con azione dal basso con funzione estesa, regolazione premilamiera su quattro punti di spinta.

effettuato prove e misure di potenza su una pressa idraulica Nava modello 2MI 100/50 per deformazione a freddo della lamiera per imbutitura, presso lo stabilimento dell'azienda costruttrice stessa. Tale macchina è un modello di pressa oleodinamica di piccole dimensioni dotata di azionamento idraulico di concezione fine anni '90, antecedente alle ulteriori migliorie tecniche apportate negli anni dal costruttore. Assumendo come riferimento generale la norma ISO 14955, è stato eseguito sulla pressa un ciclo progettato ad hoc costituito da:

1. Avvicinamento della mazza al premilamiera sui cui poggia la lamiera da lavorare
2. Reazione del premilamiera
3. Assestamento (mantenimento in pressione della mazza con stampo chiuso, fase spesso ridotta o assente, qui inserita per valutarne numericamente l'impatto energetico)
4. Salita mazza
5. Salita premilamiera

In fase di test è stato impiegato un carico di 100ton sul principale (mazza) e 30ton sul premilamiera. La potenza elettrica richiesta è stata acquisita mediante l'impiego di un sensore di potenza realizzato da Politecnico di Milano (3 correnti misurate da LEM circolari a effetto Hall e 3 tensioni misurate in parallelo rispetto a quelle di rete) e installato al generale trifase della macchina. La potenza totale assorbita e misurata viene utilizzata per:

- Motore principale (azionamento mazza + azionamento premilamiera)



- Motore ausiliario (pompa scambiatore per condizionamento olio + pompa accumulatore + comando valvole)
  - Commutare le elettrovalvole
  - Alimentare PLC e luci nella zona di lavoro (alimentazione di base)
- (Il raffreddamento dell'olio non viene qui considerato in quanto effettuato mediante acqua fredda proveniente dalla rete aziendale, esterna ai "confini" del sistema in esame)

Nonostante il ciclo eseguito non possa essere assunto come significativo in termini assoluti in quanto vi è dipendenza dalla lavorazione che determina il carico idraulico resistente, dalle misure (Fig.1) è possibile notare che l'assorbimento basale di potenza rappresentativo dello standby costituisce pochi punti percentuali rispetto alla potenza nominale installata (somma delle potenze di targa dei motori principale e ausiliario). Il risultato, apparentemente in discordanza con quelli presenti in letteratura tecnica, è invece frutto della soluzione di standby eco-efficiente implementata dal costruttore F.lli Nava Srl: la macchina si pone con regolatore di portata della pompa dell'olio al minimo meccanico (portata minima necessaria al solo «lavaggio» della pompa), mentre i blocchi funzionali di comando commutano la risultante esigua portata di olio della pompa direttamente a scarico al serbatoio con pressione zero, determinando una potenza quasi nulla. L'assorbimento in standby incorpora inoltre il consumo dei sistemi ausiliari, costante nel tempo e minimo in proporzione a quello del motore principale deputato all'azionamento dei movimenti della pressa. L'ottimizzazione del comportamento energetico della macchina durante la lavorazione è in primo luogo legato all'uso estensivo di regolazioni proporzionali di pressione e all'impegno dell'elettronica per controllo/gestione della pressa. A differenza delle macchine con ciclo a termocompressione, le presse per imbutitura della lamiera correttamente dimensionate necessitano in fase di formatura sempre della massima portata di fluido per vincere il carico (per ottenere la massima performance di velocità di formatura dei pezzi). Il sistema quindi lavora in modo efficiente alla potenza nominale, evidenziando il fatto che la soluzione con azionamento a portata regolata e potenza massima

costante è quella vincente anche energeticamente per questo tipo di presse. L'eventuale adozione di azionamenti olio con regolatori di pressione/portata sulle pompe per la regolazione primaria non determina evidenti differenze di resa (assenza di fasi protratte in pressione con portata minima in annullamento da gestire) e non risultano quindi utili per incrementare l'efficienza energetica. Analogamente anche lo start/stop in standby protratto non risulta qui un'opzione migliorativa.

A livello di sistema di raffreddamento/scambiatore di calore, l'efficienza è data dal circuito di controllo che lavora in modo intelligente "a soglie", in modo da minimizzare il consumo di energia necessario per il raffreddamento (acqua fredda da rete aziendale o chiller locale dedicato alla pressa) e da ottimizzare i parametri del fluido di lavoro mantenendoli in un range ottimale e ristretto, conseguendo una migliore performance idraulica globale e una resa il più costante possibile sulla lavorazione. Di fondamentale importanza dal punto di vista dell'efficienza energetica, oltre al design, è la programmazione dei parametri di lavoro della pressa: del resto, il costruttore insiste da tempo sulla rilevanza degli aspetti energetici anche durante la formazione del personale del cliente, invitandolo alla consapevolezza circa l'impatto che la definizione e la regolazione del ciclo di lavoro hanno sui costi di produzione della macchina (in primis consumi diretti, durata e consumo stampi). Tutte le soluzioni "eco" proposte dal costruttore per ridurre il consumo – da limitare idealmente al solo effettivo fabbisogno necessario per la produzione in sé – sono ora impiegate sia in serie in tutte le presse idrauliche della gamma Nava quali i modelli 2MI 1200/500 e 2MI 500/300 [9] (fig.2 e fig.3), sia nella progettazione ad hoc di nuovi impianti, sia nel ricondizionamento/retrofitting di macchinari già esistenti: l'adozione di tali opzioni, coerentemente con l'applicazione specifica e lo scenario operativo, può consentire una consistente riduzione del consumo energetico rispetto allo "scenario base" corrente di utilizzo di una tradizionale comune macchina per deformazione, di qualità medio-bassa o comunque concepita in termini obsoleti.