

Adattarsi per sopravvivere – l'imperativo del controllo di processo

A fronte di una concorrenza internazionale sempre più agguerrita, gli imprenditori sono obbligati a prestare sempre la massima attenzione ai margini operativi, per riuscire a rimanere competitivi. Tuttavia, non è sempre facile identificare il metodo migliore per ridurre gli sprechi e massimizzare i profitti. Questo documento prende in esame quattro aree in cui le aziende disposte a modificare le metodologie di controllo dei processi di lavorazione possono ottenere consistenti vantaggi a livello produttivo.

Come individuare le opportunità per incrementare i margini di profitto

Per essere competitivi è necessaria una combinazione ottimale di costi, qualità e assistenza. Pertanto, la competitività può essere ottimizzata seguendo questi punti:

- Aumentare la produttività delle macchine esistenti
- Più automazione e meno interventi manuali
- Ridurre scarti, rilavorazioni e verifiche di tolleranza
- Abbreviare i tempi di lavorazione
- Accrescere capacità e tracciabilità

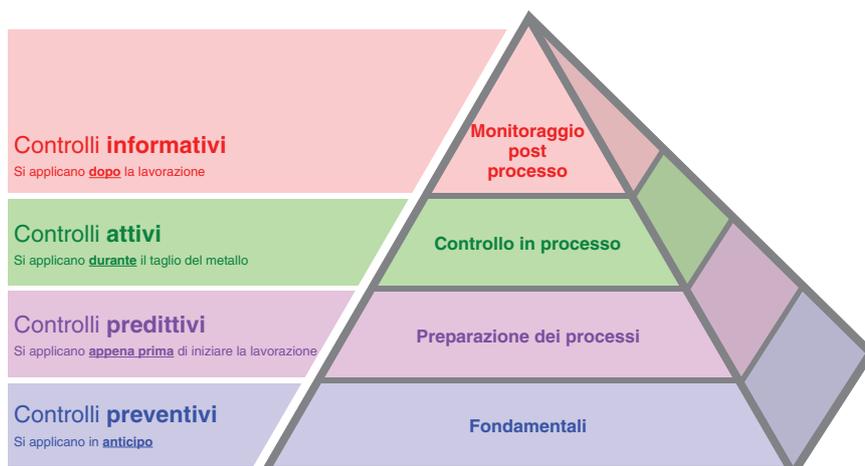
Tutti questi obiettivi richiedono un approccio globale, rivolto al miglioramento dei processi. L'eliminazione degli interventi da parte degli operatori è un punto di inizio abbastanza ovvio, perché l'errore umano costituisce la causa principale di ritardi e di mancata conformità. Tuttavia, una semplice eliminazione dei processi manuali potrebbe non essere sufficiente a risolvere il problema: è necessario prestare la massima attenzione all'ambiente di lavoro, alla macchina, alle procedure di preparazione al lavoro e ai controlli in processo una volta che la produzione è iniziata.

Questo documento definisce le linee guida di un semplice modello che spiega le cause delle non conformità dei processi e i metodi per combatterle.

Dove la produzione snella non arriva

Le tecniche di produzione aiutano le aziende a ottimizzare il flusso di lavoro degli stabilimenti, grazie al contenimento degli sprechi e dei tempi di produzione e riducendo al minimo necessario il lavoro in transito in ogni momento. Sono procedure che garantiscono risparmi significativi tuttavia, perché siano efficaci, è necessario che il processo di lavorazione sia prevedibile, ripetibile e affidabile nella produzione di pezzi conformi. In caso contrario si ottengono inevitabilmente colli di bottiglia, ritardi e prodotti di scarsa qualità.

Per poter formulare previsioni accurate sulla produttività è sufficiente affrontare il problema alla radice, individuando le cause e risolvendole una ad una. Dall'eliminazione progressiva delle cause di variazione deriva l'altrettanto progressiva semplificazione del controllo di risultato del processo.



Il processo produttivo Pyramid™ mostra come utilizzare vari livelli di controllo per rimuovere in modo sistematico la variazione dai processi di lavorazione.

La Piramide del Processo Produttivo (Productive Process Pyramid™)

La Piramide incorpora quattro livelli di controllo dei processi, ognuno basato sul precedente, che devono essere implementati per garantire la fornitura di pezzi conformi. Partendo dal fondo:

- I **fondamentali** servono a garantire condizioni di stabilità per consentire alla macchina di svolgere al meglio le proprie funzioni. Si basano su una serie di controlli preventivi che riducono il numero delle cause di variazione ancora prima di iniziare la lavorazione.
- Sopra a questo si trova il livello di **preparazione dei processi**, che si occupa delle fonti di variazione prevedibili, come ad esempio il posizionamento del pezzo, le dimensioni dell'utensile e gli offset nella macchina utensile, che potrebbero compromettere la conformità del pezzo.
- Il terzo livello è il **controllo in processo**. In questo modo, si affrontano i problemi relativi alle fonti di variazione intrinseche alla lavorazione (usura degli utensili e variazioni termiche). Crea un feedback di processo attivo durante le operazioni di taglio.
- Infine si arriva al livello di **monitoraggio post processo**, in cui si verifica che il processo e il pezzo siano coerenti con le rispettive specifiche. Alcune di queste operazioni possono essere svolte in macchina, ma per la maggior parte si tratta di attività offline.

Se si cerca un aumento delle capacità dei processi e una maggiore prevedibilità della produzione, l'approccio migliore è quello dal basso. Le attività dei livelli più bassi sono di tipo generico e con soluzioni di ampio respiro. Man mano che si sale, i controlli diventano più specifici al processo e il loro campo di applicazione si restringe. Per tale motivo, è consigliabile applicare i controlli di alto livello solo dopo avere risolto i problemi sottostanti, altrimenti il ritorno sugli investimenti potrebbe non essere all'altezza delle aspettative.

Vediamo ora ciascuno dei livelli più nel dettaglio.

Fondamentali

I controlli alla base della piramide sono orientati a stabilizzare l'ambiente in cui dovrà avrò luogo il processo. Questi controlli preventivi impediscono a fonti speciali di variazione di avere effetti negativi sui processi di lavorazione.

Controlli fondamentali:

- **Progettazione orientata alla produzione** – un approccio al design di prodotti e processi basato sulla conoscenza approfondita dei processi esistenti e sulla ricerca di metodi di lavoro ottimali. Si tratta di ottimizzare e non di rivoluzionare il processo di lavorazione. In genere si basa su un approccio legato alle “funzioni standard” e implica la razionalizzazione degli utensili e la standardizzazione dei parametri di lavorazione. L'effetto è la riduzione della variabilità dei processi e la possibilità per i tecnici di ottenere risultati significativi una volta identificata la pratica ottimale.
- Il controllo degli **input del processo** implica l'utilizzo di FMEA e di tecniche simili per ottenere la massima comprensione e controllo di tutti i fattori a monte che possono incidere sul processo di lavorazione. Tali tecniche possono includere la verifica della geometria dei taglienti, il controllo della forza di bloccaggio, il blocco dei programmi e la preparazione delle billette. Se le condizioni risultano coerenti all'inizio del processo, è probabile che rimangano tali fino alla fine.
- **Stabilità ambientale** – si occupa delle fonti esterne che compromettono la conformità e che non possono essere eliminate preventivamente, ma che sono inerenti all'ambiente operativo. Rientrano in questa categoria le variazioni di temperatura ambientale, il calore generato durante la lavorazione, la pulizia della macchina e delle parti fisse, la gestione degli utensili ed eventi imprevedibili, quali rottura di un utensile o blackout elettrici. Alcune semplici regole operative consentono di risolvere questo tipo di problemi.
- **Ottimizzazione delle condizioni della macchina** – si tratta di un elemento essenziale del fondamento dei processi, perché una macchina imprecisa non può produrre pezzi in modo accurato. Un processo rigoroso di valutazione delle prestazioni, calibrazione e (se necessario) rinnovamento può riportare la macchina ad avere prestazioni in linea con i requisiti del processo. Conseguentemente, l'implementazione di un regime di controlli condotti dall'operatore può contribuire ad accertare che le condizioni della macchina siano idonee all'impiego produttivo oppure a definire una strategia di interventi di manutenzione.



Calibrazione di una macchina con interferometro laser

I fondamentali consentono di accrescere i margini mediante:

- **Più disponibilità della macchina** – la visibilità delle prestazioni della macchina permette di individuarne preventivamente i problemi, eliminando i tempi di inattività non pianificati.
- **Più efficienza dei processi** – migliori accuratezza e ripetibilità della macchina, unite alla riduzione delle variazioni ambientali e degli input dei processi migliorano la conformità dei pezzi.
- **Qualità garantita** - una minore variazione da un pezzo all'altro significa riduzione di scarti, rilavorazioni e verifiche di tolleranza (mediamente del 25%).
- **Possibilità di concentrarsi su attività proattive** - la maggiore affidabilità permette ai tecnici di dedicarsi a interventi di lunga durata, senza essere distratti dai piccoli problemi quotidiani.
- **Predisposizione all'automazione** – predisposto il funzionamento ottimale delle macchine, sarà possibile sviluppare piani per l'automazione dei processi.

Tutto questo crea una predisposizione all'automazione - grazie al funzionamento ottimale delle macchine, sarà possibile sviluppare piani per l'automazione dei processi.

Preparazione dei processi

Il secondo livello della piramide contiene il primo dei passaggi verso l'automazione e si occupa degli interventi preliminari alla lavorazione. Questi controlli predittivi affrontano le fonti di errore che, in maniera più o meno evidente, sono sempre presenti nella preparazione della macchina, dei pezzi, degli utensili e delle sonde e che devono essere risolti per garantire una corretta lavorazione del primo pezzo.

Sfruttando la stabilità raggiunta con il primo livello della piramide, i controlli di impostazione dei processi aiutano a eliminare l'errore umano tramite l'automazione dei processi manuali.

Controlli che costituiscono il livello di preparazione dei processi:

- La **preparazione della macchina** è un aspetto troppo spesso trascurato e include la creazione di relazioni geometriche fra i principali elementi mobili della macchina stessa (ad esempio il mandrino di fresatura e il piano della macchina oppure il centro di rotazione del mandrino di una macchina per torniture/fresature). Queste relazioni subiscono gli effetti delle derivate termiche: un certo grado di variazione è inevitabile anche negli ambienti più stabili. Spesso gli errori macchina non corretti costituiscono il fattore dominante per la non conformità di un processo e possono condurre a tempi di preparazione dilatati, dato che i loro effetti possono essere facilmente confusi con altri tipi di variazioni. Fortunatamente si tratta di errori che possono essere misurati ed eliminati con semplici procedure di tastatura a bordo macchina.



Individuazione del centro di rotazione del mandrino di una macchina multifunzione

- **Preparazione della sonda** – è l'operazione di calibrazione della sonda per garantirne l'accuratezza durante il funzionamento. Nel caso delle sonde di ispezione, il processo include la misura di dimensioni e posizione dello stilo. In genere, a tale scopo si utilizza una sfera di calibrazione oppure un anello calibrato. Per le sonde di presetting utensile si utilizza una spina calibrata per stabilire la posizione dello stilo o del fascio laser. La calibrazione della sonda è un controllo da eseguire regolarmente (in genere, una volta alla settimana) per garantire l'affidabilità delle altre misure della macchina.
- **Preparazione dei pezzi** – è il procedimento tramite il quale si stabilisce la posizione e l'orientamento dei pezzi da lavorare per l'allineamento della lavorazione. È possibile utilizzare una sonda a contatto per trovare le origini di riferimento e gli angoli di allineamento dei pezzi, aggiornando automaticamente le coordinate di lavoro. Nelle situazioni più complesse una sonda può misurare le forme della superficie locale per consentire a un programma CAM di elaborare percorsi utensile per l'unione delle superfici. La preparazione automatica dei pezzi riduce i costi delle attrezzature, elimina gli interventi dell'operatore e permette di iniziare a lavorare correttamente fin dall'inizio.

- L'elemento finale è costituito dal **presetting utensili**: lunghezza e diametro degli utensili sono definiti e memorizzati nella macchina CNC. Così facendo gli utensili possono lavorare da subito vicino ai valori nominali, evitando attività manuali di "taglio e misura", con inevitabili errori dell'operatore nel compensare gli offset, causa frequente di collisioni.

La preparazione dei processi aiuta ad aumentare i profitti perché:

- La preparazione di utensili e pezzi **riduce i tempi di preparazione anche del 90%**
- Le ispezioni sono **automatizzate e più ripetibili** rispetto ai metodi manuali
- Un processo di impostazione più affidabile **riduce i tempi di inattività** una volta che la produzione è iniziata
- Quando si sostituiscono gli utensili, il **presetting dei nuovi utensili** è più rapido e affidabile
- Tutti questi fattori danno **più tempo per la produzione**

Controllo in-processo

Questo è solitamente il livello meno compreso e, di conseguenza, meno sfruttato. Sono controlli mirati a eliminare le fonti di variazione intrinseche ai processi di lavorazione: usura degli utensili, deformazione dei pezzi, effetti della temperatura e dei flussi di calore. Le ispezioni in macchina costituiscono l'unico sistema conveniente per monitorare in-processo lo stato del pezzo. Inoltre, forniscono alla macchina l'intelligenza necessaria per prendere decisioni, riportando il processo al centro delle tolleranze ed eliminando gli effetti indesiderati delle derive. In tale modo si ottiene un processo automatizzato che richiede un minore intervento umano e produce una quantità minima di scarti o pezzi da rilavorare.

Prima di procedere, è importante sottolineare che il controllo in-processo può essere implementato con successo solo se i livelli inferiori della piramide funzionano in modo corretto. In caso contrario, ci si troverà di fronte a fonti di variazione che non si possono affrontare per mancanza di strumenti adeguati. Il tentativo di automatizzare un processo in un ambiente caotico, pieno di processi manuali soggetti a variazioni, è destinato al fallimento.

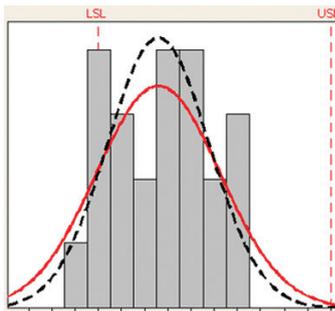
Quali sono i controlli che fanno parte questo livello?

- Non è necessario misurare tutte le caratteristiche dei pezzi se questi sono lavorati utilizzando un numero ridotto di utensili. L'approccio ottimale consiste nel perdere il minor tempo possibile, controllando **una forma critica lavorata da ciascun utensile** tramite una sonda a contatto e quindi utilizzando gli errori rilevati per aggiornare le correzioni utensile. Una sonda di ispezione serve a controllare gli utensili dopo che le operazioni di taglio sono iniziate. Non è un presetting utensile, perché misura direttamente l'output da controllare: le quote tagliate dall'utensile.
- **Controllo degli utensili di sgrossatura** e non solo di quelli per le finiture. Anche se risultano invisibili nelle ispezioni post-process, gli utensili di sgrossatura ricoprono un ruolo importantissimo, lasciando la quantità corretta di materiale che dovrà essere rimossa dall'utensile di finitura. Se la sgrossatura non funziona in modo riproducibile, anche la profondità dei tagli di finitura sarà variabile, con un impatto negativo sulla deflessione dell'utensile e sulla finitura della superficie.
- **Monitoraggio della deriva termica** tramite la ricalibrazione a intervalli regolari della posizione del mandrino, degli assi centrali della tavola rotante o dei centri di rotazione, in particolare prima delle operazioni critiche di finitura.
- **Ispezione degli utensili più delicati** per verificarne l'integrità dopo ciascun ciclo di taglio, per evitare che eventuali utensili rotti possano danneggiare i pezzi o altri utensili. È un passaggio chiave per aumentare la fiducia nelle operazioni non presidiate.
- **Inserimento di logica nel programma** per rispondere a eventi inaspettati. In caso di pezzi fuori tolleranza con presenza di sovrametallo residuo è possibile richiamare un'ulteriore passata di finitura. In caso di rottura di un utensile, è possibile richiamare un utensile sostitutivo oppure inviare un avviso all'operatore. Un pezzo non va considerato da scartare al primo controllo, ma va lavato e rimisurato per verificare che la prima misura non sia compromessa da residui e trucioli.
- **Monitoraggio dello stato del processo** e avviso all'operatore in caso di errori.
- Le misure in-processo sono memorizzate e gli offset aggiornati per garantire la **tracciabilità**.

In molti casi, il controllo in-process sarà il livello di controllo che porta i maggiori profitti, soprattutto se il processo comporta elevata usura degli utensili e tempi di ciclo lunghi:

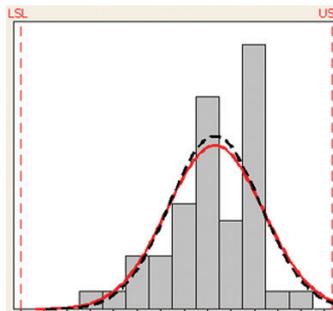
- **Riduzione dell'investimento in attrezzature** – aumento della produttività senza alcun investimento in nuove capacità
- **Aumento dell'automazione** – riduzione dei costi diretti di manodopera e dei tempi di inattività della macchina
- **Riduzione dell'errore umano** – misure ripetibili e feedback automatico
- **Riduzione di scarti e rilavorazioni** – meno variazioni, più capacità di produzione e pezzi di qualità al primo colpo

Solo preparazione dei processi



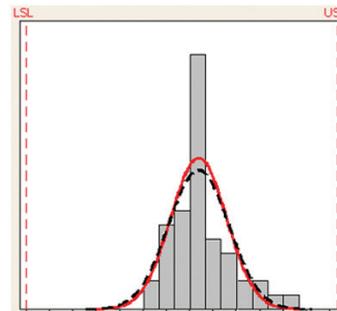
$C_{pk} = 0,32$
 $P_{pk} = 0,39$
Scarti / rilavorazioni = 12,1%

Preparazione dei processi e monitoraggio post-processo



$C_{pk} = 0,83$
 $P_{pk} = 0,86$
Scarti / rilavorazioni = 0,5%

Impostazione dei processi e controllo in-process



$C_{pk} = 1,64$
 $P_{pk} = 1,47$
Scarti / rilavorazioni = 0,0002%

Scarti e rilavorazioni ridotti di 60.000 volte!

Risultati di uno studio di capacità condotto da Renishaw su pezzi identici, utilizzando diverse tecniche di controllo dei processi. La sola preparazione dei processi porta a una quantità di scarti inaccettabile e all'impossibilità di tarare i parametri di processo per portarsi al centro della tolleranza.

Il monitoraggio post-processo con regolazione del taglio di finitura garantisce una migliore taratura dei parametri e riduce le variazioni da un pezzo all'altro, ma le capacità rimangono inaccettabili per la maggior parte delle aziende.

Solo un controllo intelligente e in-process, in cui gli utensili di sgrossatura e finitura siano controllati durante il ciclo, garantisce un livello di capacità che Renishaw considera accettabile e che consenta periodi prolungati di funzionamento senza operatore.

Monitoraggio post-processo

Il livello superiore della piramide è adottato da molte aziende, perché fornisce una valutazione finale dei risultati del processo. La verifica può essere eseguita direttamente in macchina utensile mediante una sonda, presso la macchina con calibri o bracci articolati oppure su un dispositivo automatico fuori linea come una macchina di misura. Si tratta di controlli informativi, perché a questo punto è troppo tardi per intervenire sul componente misurato, a meno che non si attivi un processo di rilavorazione.



Ispezione rapida di pezzi di grandi volumi di produzione utilizzando il calibro versatile Equator™

Controlli nel livello di monitoraggio post-processo:

- Verifica dei processi utilizzando una sonda per misurare gli elementi del pezzo mentre è ancora montato in macchina. La verifica del pezzo prima del suo spostamento, per assicurarsi che il processo si sia svolto nei modi previsti, aumenta il grado di fiducia nella conformità prima di procedere con le operazioni successive. Questo approccio è particolarmente indicato per i pezzi di grandi dimensioni e di valore elevato. È inoltre possibile eseguire controlli in stile macchina di misura sui pezzi, comprese quote e tolleranze geometriche, anche se la precisione e la tracciabilità delle misure della macchina utensile risulteranno inferiori a quelle ottenibili con una macchina di misura in condizioni termiche controllate. Potrebbe non essere possibile accedere ad alcune funzioni mentre il pezzo è posizionato nella macchina. Inoltre, i tempi di ciclo sulle macchine di misura dotate di moderne tecnologie di misura risultano in genere molto più rapidi.
- Verifica fuori linea dei pezzi, con ispezione completa a fronte delle specifiche (solitamente, utilizzando una CMM o un calibro). Rispetto alle tecniche in macchina, l'utilizzo delle CMM offre i vantaggi derivanti dall'utilizzo di tecnologie di scansione a 3 e 5 assi che consentono di eseguire le misure di forme complesse in modo più rapido e approfondito e forniscono funzioni più sofisticate per l'analisi e i rapporti. Spesso le CMM sono utilizzate in ambienti a temperatura controllata, per assicurare la massima accuratezza. Una nuova generazione di calibri versatili fornisce funzionalità di misura comparativa rapida direttamente in officina per abilitare un feedback immediato dei processi. In entrambi i casi, è possibile salvare i risultati delle misure per mantenere la tracciabilità a lungo termine.

Attualmente, sono disponibili nuove soluzioni, ad esempio la tecnologia di scansione a 5 assi REVO® ed il calibro versatile Equator™, che permettono di ottenere un sostanziale vantaggio produttivo rispetto alle tecniche tradizionali di ispezione post-processo:

- Una maggiore rapidità di misura della CMM si traduce in un aumento della produttività senza rinunciare all'accuratezza
- Riduzione dell'intervento umano grazie all'automazione delle attività di misura complesse
- Piattaforma multisensore (REVO®), per ottenere l'automazione di altri processi di verifica, come la misura della finitura superficiale
- Misura flessibile degli elementi con qualsiasi orientamento e con posizionamento infinito
- Riduzione dell'investimento in attrezzature grazie a tempi di ciclo ridotti e a una minore necessità di utilizzare tavole rotanti
- Riduzione dei costi di calibrazione rispetto ai calibri personalizzati di tipo tradizionale

Esempi di applicazioni che incidono sui profitti

Ecco un esempio dell'impatto che queste modifiche possono avere nel controllo di un processo di lavorazione. Nell'esempio fornito, il pezzo da lavorare è un componente aerospaziale di valore elevato:

Costo della macchina	€500.000	per ciascuna macchina
Costo della CMM	€120.000	per ciascuna CMM
Periodo di deprezzamento	10	anni
Tasso orario M/C	€75	all'ora
Tasso orario CMM	€75	all'ora
Tempo pianificato:	120	ore / settimana
Livello di intervento operatore M/C	1	operatori per turno per macchina
Livello di intervento operatore CMM	1,5	operatori per turno per CMM
Costo degli operatori:	€35.000	annuale per operatore
Costi materiali	€5.000	per componente
Durata del ciclo di taglio	30	ore
Durata delle rilavorazioni	2	ore
Durata del ciclo CMM	7	ore
Rapporto da M/C a CMM	2	macchine utensili per CMM
Costo delle verifiche di tolleranza	€500	Costi ME

Data di produzione

I risultati del processo corrente, misurati utilizzando il sistema OEE (Overall Equipment Effectiveness - Efficacia Totale dei Dispositivi) in cui la misura della qualità definisce il tasso di superamento del primo livello sono:

Produttività		
OEE corrente	53,0%	
Disponibilità	85,0%	
Prestazioni	80,0%	
Qualità	78,0%	Tasso di superamento del primo livello
Tasso di rilavorazioni	10,0%	
Tasso di scarti	2,0%	inclusi i pezzi rilavorati
Tasso di verifiche di tolleranza	10,0%	inclusi i pezzi rilavorati

Da questi dati è possibile calcolare il numero di pezzi fabbricati ogni anno, il livello di scarti e di tolleranze limite.

Output per macchina	
Pezzi lavorati	141
Pezzi rilavorati	14
Pezzi scartati	3
Tolleranze limite	14
Pezzi conformi	124
Pezzi forniti	138

Il valore aggiunto è calcolato moltiplicando il numero di pezzi prodotti (incluse le tolleranze limite) per le ore standard e la velocità oraria. Dal risultati vengono sottratti i costi di manodopera, di svalutazione e di qualità per calcolare il “margine” di contributo della macchina (nota: la cifra non include materiali di consumo e altri costi variabili):

Analisi del margine annuale per macchina	
Valore aggiunto	€309.810
Costi per gli operatori della macchina	€105.000
Costi per gli operatori delle CMM	€78.750
Costi di svalutazione	€56.000
Costi per gli scarti	€14.050
Costi delle verifiche delle tolleranze limite	€7.025
Svalutazione del capitale differito	€0
Margine annuale	€48.984

Cosa accade ai risultati del processo e al margine se si implementano i vari livelli Pyramid? In tutti gli esempi forniti di seguito si presume che eventuali capacità aggiuntive vengono utilizzate per la produzione di altri pezzi, con differimento della spesa di capitale.

Fondamentali

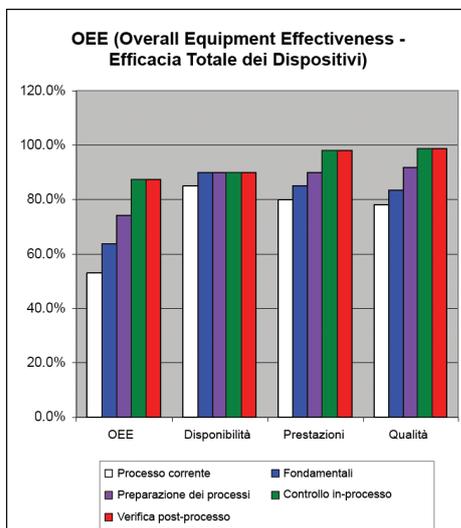
- Grazie a una maggiore affidabilità della macchina, la disponibilità sale al 90%
- Le prestazioni aumentano del 5% grazie alla riduzione delle interruzioni impreviste derivanti da processi di input o da variazioni ambientali
- La qualità sale del 25% grazie alla maggiore precisione della macchina
- I livelli di intervento umano restano immutati

Preparazione dei processi

- La disponibilità rimane al 90%
- Le prestazioni salgono al 90% perché i tempi di impostazione vengono compressi e diventano più affidabili
- Gli errori di qualità vengono dimezzati rispetto al livello precedente perché, grazie alle impostazioni automatizzate e ripetibili, aumenta la quantità di pezzi riusciti al primo tentativo
- I livelli di intervento umano si riducono con la riduzione dei tempi di preparazione

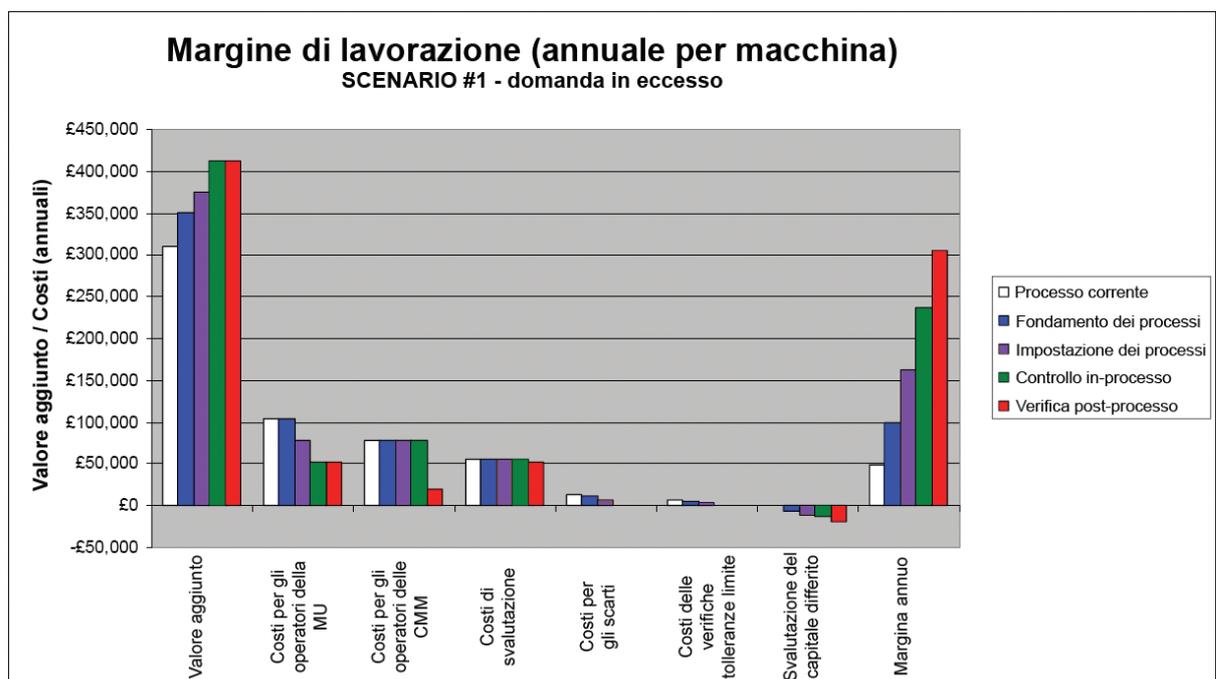
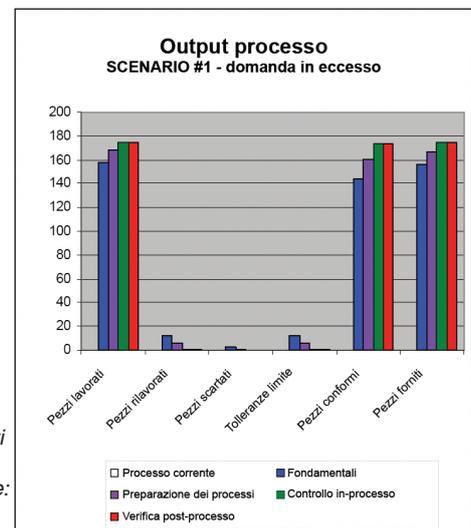
Controllo in-processo

- La disponibilità rimane al 90%
- Le prestazioni salgono al 98% perché il feedback automatico in-ciclo consente di ridurre le interruzioni impreviste e il tempo di attesa per gli operatori
- La qualità sale al 99% (o anche di più) tramite la gestione all'origine delle variazioni intrinseche
- I livelli di intervento umano si riducono tramite l'introduzione di processi sempre più automatizzati



Il grafico mostra le tendenze negli elementi dell'OEE ottenute applicando i quattro livelli di controllo:

Il grafico mostra il numero di pezzi lavorati e i livelli di rilavorazioni, scarti e tolleranze limite:



Il grafico mostra un riepilogo del valore aggiunto, dei costi e del margine generati dalla macchina in un anno con diversi livelli di controllo dei processi. Il miglioramento che deriva dalla piena implementazione dei quattro livelli Pyramid è di circa €250k all'anno – equivalente alla metà del costo di capitale della macchina utensile per ciascun anno.

Monitoraggio post-processo

- Disponibilità, prestazioni e qualità rimangono immutate
- Il rapporto macchina/CMM sale perché la nuova tecnologia di sensori rende le CMM più produttive
- Il maggiore livello di automazione consente di ridurre l'intervento umano sulle CMM

Riepilogo e raccomandazioni

La piramide del processo produttivo Pyramid™ fornisce un approccio sistematico per eliminare le variazioni all'interno dei processi di lavorazione. L'ottimizzazione del controllo dei processi consente di ottenere risparmi consistenti senza modifiche significative al processo di lavorazione, sfruttando una maggiore automazione e riducendo i costi della qualità. Il livello di investimento richiesto per l'implementazione di tali controlli è relativamente contenuto e può essere ammortizzato nel giro di pochi mesi. L'eliminazione delle variazioni dai processi consente inoltre di far aumentare il ritorno su eventuali investimenti di capitale futuri.

Per garantire la massima resa, i controlli della piramide devono essere implementati partendo dal basso, perché ciascun livello sfrutta quanto raggiunto dal livello precedente per ridurre la variazione in modo progressivo. Un'ampia implementazione del livello "fondamentali" costituisce un ottimo primo passo, che deve essere seguito dall'introduzione di sistemi di ispezione per automatizzare i processi di impostazione. Il controllo in-processo è più mirato ai processi e risulta utile quando si utilizzano molte macchine e processi simili, perché consente un'ottimizzazione diffusa. Se nell'officina si usano macchine diverse fra loro, l'implementazione di questo livello può rivelarsi lunga e complessa. In questo caso, potrebbe risultare conveniente una razionalizzazione delle piattaforme di lavorazione e l'implementazione dei controlli di livello superiore nei nuovi processi, in modo che ogni attività possa essere replicata su altri pezzi nuovi.

In genere, sostituire a misura post-processo su una macchina di misura con sistemi di misura sulla macchina utensile non è una buona soluzione. Lo scopo principale della macchina utensile è produrre pezzi di buona qualità, quindi le verifiche effettuate in macchina dovrebbero essere mirate al processo appena completato, piuttosto che al controllo di ogni singolo elemento del pezzo. La verifica in macchina diventa utile nel caso di pezzi particolarmente grandi e complessi, se non esiste un valido sistema di ispezione fuori linea oppure se i tempi e i costi di consegna dei pezzi sono elevati. È necessario prestare molta attenzione all'accuratezza delle misure in macchina utensile e in particolare agli effetti della temperatura. In molti casi, una CMM che utilizzi tecnologie di scansione ad alta velocità risulterà il sistema più conveniente per verificare la geometria dei componenti e la conformità delle superfici. Il nuovo calibro versatile ha un prezzo conveniente e offre funzioni di ispezione direttamente in officina per produzioni medio-grandi.

A causa della difficile situazione economica, le aziende sono alla ricerca di nuovi metodi per aumentare la produttività e ridurre i costi. L'applicazione dei controlli del sistema Pyramid™ rappresenta una soluzione conveniente, che permette di rafforzare la propria posizione sul mercato e diventare competitivi sui mercati internazionali.



La tecnologia di scansione a 5 assi sta rivoluzionando le ispezioni con macchina di misura

Renishaw S.p.A.

Via dei Prati 5,
10044 Pianezza
Torino
Italia

T +39 011 966 10 52

F +39 011 966 40 83

E italy@renishaw.com

www.renishaw.it

RENISHAW 
apply innovation™

Informazioni su Renishaw

Renishaw è leader mondiale nel settore delle tecnologie di precisione, con una riconosciuta tradizione di sviluppo e produzione di prodotti innovativi. La società, fondata nel 1973, ha sempre sviluppato prodotti all'avanguardia in grado di migliorare la produttività, ottimizzare i processi e fornire soluzioni di automazione che offrono notevoli vantaggi economici.

Un'ampia rete di filiali e distributori garantisce un eccezionale servizio di assistenza per i clienti.

I nostri prodotti:

- Sistemi di scansione e fresatura CAD/CAM dentale
- Encoder per feedback di posizione lineare, angolare e rotativo ad elevata accuratezza
- Sistemi laser e ballbar per la misura delle prestazioni e la calibrazione delle macchine
- Dispositivi medici per applicazioni neurochirurgiche
- Sistemi di ispezione e software per l'impostazione dei lavori, il preset utensili e l'ispezione dei pezzi su macchine CNC.
- Sistemi di spettroscopia Raman per analisi non distruttive su materiali
- Sistemi di misura e software per le macchine CMM
- Stili per applicazioni di ispezione su CMM e macchine utensili

Renishaw nel mondo

Australia

T +61 3 9521 0922

E australia@renishaw.com

Austria

T +43 2236 379790

E austria@renishaw.com

Brasile

T +55 11 4195 2866

E brazil@renishaw.com

Canada

T +1 905 828 0104

E canada@renishaw.com

Corea del Sud

T +82 2 2108 2830

E southkorea@renishaw.com

Francia

T +33 1 64 61 84 84

E france@renishaw.com

Germania

T +49 7127 9810

E germany@renishaw.com

Giappone

T +81 3 5366 5316

E japan@renishaw.com

Hong Kong

T +852 2753 0638

E hongkong@renishaw.com

India

T +91 80 6623 6000

E india@renishaw.com

Indonesia

T +62 21 2550 2467

E indonesia@renishaw.com

Israël

T +972 4 953 6595

E israel@renishaw.com

Italia

T +39 011 966 10 52

E italy@renishaw.com

Malaysia

T +60 3 5631 4420

E malaysia@renishaw.com

Paesi Bassi

T +31 76 543 11 00

E benelux@renishaw.com

Polonia

T +48 22 577 11 80

E poland@renishaw.com

Regno Unito (Sede principale)

T +44 1453 524524

E uk@renishaw.com

Repubblica Ceca

T +420 548 216 553

E czech@renishaw.com

Repubblica Popolare Cinese

T +86 21 6180 6416

E china@renishaw.com

Russia

T +7 495 231 16 77

E russia@renishaw.com

Singapore

T +65 6897 5466

E singapore@renishaw.com

Slovenia

T +386 1 527 2100

E mail@rls.si

Spagna

T +34 93 663 34 20

E spain@renishaw.com

Svezia

T +46 8 584 90 880

E sweden@renishaw.com

Svizzera

T +41 55 415 50 60

E switzerland@renishaw.com

Tailandia

T +66 2 746 9811

E thailand@renishaw.com

Taiwan

T +886 4 2473 3177

E taiwan@renishaw.com

Turchia

T +90 216 380 92 40

E turkiye@renishaw.com

Ungheria

T +36 23 502 183

E hungary@renishaw.com

USA

T +1 847 286 9953

E usa@renishaw.com

Per tutti gli altri paesi

T +44 1453 524524

E international@renishaw.com

RENISHAW HA COMPIUTO OGNI RAGIONEVOLE SFORZO PER GARANTIRE CHE IL CONTENUTO DEL PRESENTE DOCUMENTO SIA CORRETTO ALLA DATA DI PUBBLICAZIONE, MA NON RILASCI ALCUNA GARANZIA CIRCA IL CONTENUTO NE LO CONSIDERA VINCOLANTE. RENISHAW DECLINA OGNI RESPONSABILITÀ, DI QUALSIVOGLIA NATURA, PER QUALSIASI INESATTEZZA PRESENTE NEL DOCUMENTO.

© 2011 Renishaw plc. Tutti i diritti riservati.

Renishaw si riserva il diritto di apportare modifiche alle specifiche senza preavviso.

RENISHAW® e il simbolo della sonda utilizzato nel logo RENISHAW sono marchi registrati di Renishaw plc nel Regno Unito e in altri paesi.

apply innovation, Productive Process Pyramid, Productive Process Patterns, Productivity+, AxiSet, Rengage, Trigger Logic, ToolWise,

Sprint, MicroHole, PassiveSeal e SwarfStop sono marchi di Renishaw plc.

Tutti gli altri nomi dei marchi e dei prodotti utilizzati in questo documento sono marchi commerciali, marchi di assistenza, marchi o marchi

registrati dei rispettivi proprietari.



H - 5650 - 1007 - 02 - B

Issued 1111 Part no. H-5650-1007-02-B