

Applicazione del Processo Snello e della Teoria dei Vincoli nella fabbricazione di gioielleria

JOHN C. MCCLOSKEY E HERBERT HERMES

Stuller Inc., Lafayette, Louisiana, USA

Introduzione

In una memoria presentata al Simposio di Santa Fe del 2001, Andrea Hill ha riassunto i principi del processo snello e della Teoria dei Vincoli (*Theory of Constraints = TOC*) applicati alla fabbricazione di gioielleria (1). In breve, il *Processo Snello* si concentra sull'eliminazione di tutte le forme di spreco in tutti i flussi di valore che si muovono lungo la catena di produzione per generare ricavi da vendite e profitto.

I flussi di valore sono formati da tutte le operazioni che devono essere eseguite per portare un dato prodotto fino al consumatore. L'eliminazione degli sprechi permette di utilizzare al massimo le risorse disponibili, riduce i costi, massimizza il profitto e crea nell'organizzazione un'atmosfera di miglioramento continuo.

In contrasto con il processo snello, la TOC cerca di ottenere la crescita dell'organizzazione ed il profitto portando al massimo i flussi di valore. Questa teoria si basa sull'ipotesi che i risultati di una organizzazione siano limitati da vincoli identificabili. Il postulato della teoria dei vincoli è che identificando ed eliminando i vincoli si aumenta il flusso, si diminuiscono le giacenze e si riducono i costi operativi in modo naturale e sicuro.

In questo articolo si descrive e si analizza l'esperienza con il processo snello e la teoria dei vincoli, applicata al processo produttivo alla Stuller, a Lafayette, Louisiana (LA), USA. Si è trovato che, in un ambiente manifatturiero complesso, entrambi questi principi hanno i loro meriti.

Stuller, Inc.

Stuller, Inc. occupa circa 1500 dipendenti in tutto il mondo ed è un importante produttore e fornitore di prodotti in metallo prezioso per gioielleria, di diamanti e di gemme, di utensili e materiali per l'industria della gioielleria. I dipendenti di Stuller forniscono ai loro clienti nell'industria della gioielleria i prodotti che essi richiedono, subito quando li richiedono. Stuller si propone di essere leader nel servizio, nella qualità, nel prezzo e nello stile dei prodotti che vende. Nelle fig. 1 e 2 si vedono le fotografie della sede centrale di Stuller. Gli impianti di produzione si trovano a Lafayette, Louisiana ed a Chattanooga, Tennessee, negli USA ed a Merida nello stato dello Yucatan in Messico. Abitualmente i prodotti sono distribuiti con servizi di consegna entro il giorno

seguito l'ordine, oppure possono essere acquistati direttamente presso 11 centri di servizio situati nelle principali città degli USA e del Canada.

Organizzazione

Il Vicepresidente di Stuller per la Produzione è responsabile di cinque unità produttive dell'azienda, la cui attività è centrata sulla produzione di montature, minuterie, anelli nuziali e semilavorati metallici d'oro e di platino. Nella fig. 3 è mostrato un organigramma "tradizionale", costruito secondo le relazioni di dipendenza nei Gruppi di Produzione e Logistica di Stuller, Inc., a Lafayette, LA.



Figura 1 - Sede centrale della Stuller, Inc., Lafayette, Louisiana, USA



Figura 2 - Fotografia aerea della sede centrale della Stuller, Inc. durante l'ampliamento a 56.000 m²

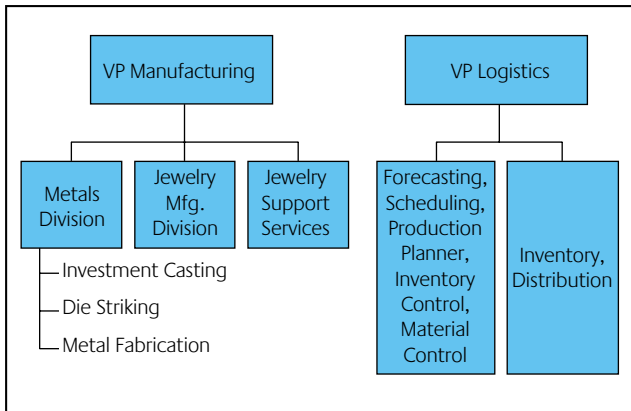


Figura 3 - Organigramma tradizionale che descrive i rapporti gerarchici nei gruppi "Produzione" e "Logistica" della Stuller, Inc., a Lafayette, LA

Le unità produttive rappresentano differenti combinazioni di processi con forte concentrazione di capitale, forte richiesta di abilità artigianale o forte impiego di manodopera. A Lafayette i gruppi operativi di produzione possono essere descritti nel modo seguente.

La Divisione Metalli comprende tutti i dipartimenti che producono grandi quantità di componenti semilavorati grezzi in metallo prezioso. I dipartimenti operativi comprendono Colaggio a Cera Persa, Stampaggio e Lavorazione dei Metalli. Il dipartimento di Lavorazione dei Metalli produce graniglia per colaggio, lamiera, filo, semilavorati e leghe per saldatura sia per il consumo interno che per vendita a clienti esterni. La produzione media di componenti semilavorati in metallo prezioso da parte di tutti i dipartimenti della Divisione Metalli supera i 20.000 pezzi al giorno. Nell'organizzazione produttiva della Stuller la Divisione Metalli dispone del maggior numero di processi a forte impiego di capitale.

La Divisione di Produzione della Gioielleria riceve dalla Divisione Metalli i componenti grezzi in metallo prezioso ed esegue tutte le operazioni di assemblaggio e finitura necessarie per la produzione della gioielleria.

Il Dipartimento Cere, che produce i modelli in cera per il colaggio a cera persa, è compreso nelle operazioni di fabbricazione della gioielleria. Nell'organizzazione produttiva della Stuller questa divisione comprende i processi con maggiore impiego di manodopera.

La fabbricazione della gioielleria riceve l'appoggio dei Servizi di Produzione della Gioielleria, che producono i modelli e gli stampi per l'iniezione della cera, incastonano le pietre e provvedono allo sviluppo dei nuovi prodotti. Le attività di questo gruppo richiedono abilità artigianale e molta manodopera.

Come si vede in fig. 3, il Gruppo di Logistica è diviso in due sezioni principali. Le sezioni Magazzino e Distribuzione si occupano dei prodotti materiali da spedire ai clienti. La sezione Direzione delle Operazioni è responsabile di tutte le funzioni di analisi necessarie per gestire il funzionamento dei gruppi di Fabbricazione e Logistica.

Struttura dell'organizzazione

Alla Stuller il punto critico è l'interfaccia tra la produzione e la logistica, in particolare tra la Divisione Metalli ed il Dipartimento di

Controllo dei Materiali, che fa parte del Gruppo di Logistica. Il Controllo dei Materiali rappresenta la forza motrice per tutti gli aspetti di previsione e pianificazione, programmazione e controllo della produzione, controllo della giacenza, approvvigionamento dei metalli preziosi e controllo delle operazioni di lavorazione dei metalli nella Divisione Metalli. I programmi di produzione, necessari per soddisfare le richieste delle vendite e del magazzino, sono aggiornati su base giornaliera e settimanale, in modo che tutti i dipartimenti di produzione dispongano delle risorse necessarie e siano risolti i conflitti per scarsità di materiale e di manodopera qualificata.

Nella fig. 4 vi è un organigramma "funzionale", che descrive le relazioni operative tra i dipartimenti della Divisione Metalli e le principali sezioni di analisi del Gruppo di Logistica. In questa figura i dipartimenti della Divisione Metalli sono indicati con cerchi e quelli della Logistica sono indicati con ovali. Il grado di sovrapposizione tra i cerchi e gli ovali indica quanto queste differenti parti dell'organizzazione devono lavorare insieme per ottenere il successo. All'inizio di ogni ciclo di produzione, i dipartimenti di Lavorazione dei Metalli e di Controllo dei Materiali sono fortemente coinvolti nella programmazione, nell'approvvigionamento e nella lavorazione delle materie prime necessarie per ottenere i componenti da passare alla Divisione di Produzione della Gioielleria per la finitura. Dopo questo trasferimento di pezzi, la sezione Previsioni della Produzione, Programmazione e Controllo della Divisione Logistica fornisce i servizi di analisi necessari per gestire tutte le operazioni finali.

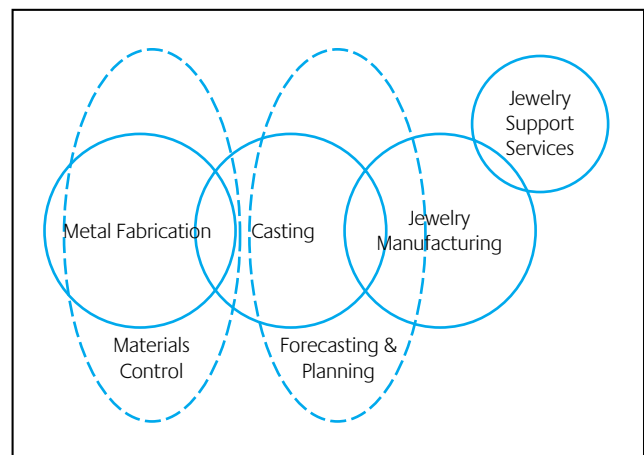


Figura 4 - Organigramma funzionale relativo al Dipartimento Metalli ed alle sezioni analitiche del Gruppo Logistica



Figura 5 - Produzione di graniglia per colaggio in oro giallo a 14 K alla Stuller

Lavorazione dei metalli e fabbricazione della gioielleria alla Stuller

Nella Divisione Metalli la produzione dei singoli pezzi è fatta in serie, senza tener conto del tipo di materiale (SKU = stock keeping unit = tipo di materiale a magazzino). Per esempio, un lotto di lega d'oro per colaggio è usato per colare migliaia di montature, pezzi di minuteria ed altri tipi di componenti. La fig. 5 è la fotografia della colata di un grosso lotto di oro giallo a 14 K, che è trasformato in graniglia da colaggio. Una montatura a graffette colata a cera persa può essere usata per un ciondolo o per qualunque tipo di orecchini. Lamine e nastri possono essere usati per stampare centinaia di componenti differenti. In breve, la Divisione Metalli è simile ad un fornitore di materiali e componenti per gioielleria al servizio del controllo dei materiali e dei reparti che producono gioielleria nell'ambito di Stuller. Perciò il punto principale diventa produrre ai costi minimi con utilizzazione massima dei prodotti grezzi in metallo prezioso, in base ad un programma fissato secondo le esigenze della produzione e della finitura della gioielleria e del controllo dei materiali.

Secondo i principi della TOC, che saranno discussi in una parte successiva di questo articolo, appare ovvio che la Divisione Metalli potrebbe essere un vincolo per le operazioni di produzione e la finitura della gioielleria, che richiedono molta manodopera specializzata. Secondo la TOC, per correggere questa situazione si dovrebbe superare il vincolo ed ottimizzare le prestazioni provvedendo tutto il necessario per trasformare le materie prime in componenti per la produzione di gioielleria finita. Questo requisito di produrre in modo affidabile prodotti generici con la miglior qualità possibile sposta il modello dalla TOC al Processo Snello. In altre parole, nella Divisione Metalli un vincolo TOC per la fabbricazione e la finitura della gioielleria è controllato e minimizzato applicando i principi del Processo Snello.

Il Processo Snello nelle operazioni di lavorazione dei metalli alla Stuller

Per eliminare gli sprechi ed ottenere un processo snello il metodo più ovvio è smettere di fare cose superflue. Durante la produzione si fanno molte operazioni superflue solo per abitudine e le abitudini sono difficili da cambiare. Un'organizzazione deve

essere in grado di identificare le sue abitudini superflue e deve mettere a punto i suoi metodi e le sue procedure per fare le azioni correttive opportune. Descriveremo alcuni esempi di queste azioni, eseguite per realizzare il processo snello nella Stuller, considerando il relativo impegno di capitale, poiché le operazioni di lavorazione con i metalli preziosi sono uniche sotto questo aspetto.

Le aziende produttive investono capitali sia per acquisire che per ottimizzare i flussi di valore che creano entrate e generano profitto. Alcuni risultati che si suppone si debbano ottenere con l'investimento di capitali sono: (1) riduzione dei costi unitari, (2) acquisizione o espansione della capacità produttiva, o (3) acquisizione di tecnologie di lavorazione nuove o più efficienti.

Per le aziende che producono gioielleria, l'uso dei metalli preziosi come materie prime aggiunge un ulteriore impegno di capitale. Per esempio, negli ultimi mesi l'oro fino in lingotti è costato circa 275 \$/oncia, che equivalgono a circa 8 milioni di dollari per tonnellata. Questo è essenzialmente il costo della materia prima. In confronto, un lingotto di alluminio può essere acquistato al costo di circa 1000 \$ per tonnellata.

Per una azienda come Stuller, il costo dell'investimento nel metallo prezioso come materiale in lavorazione o prodotto a magazzino richiede una gestione riflessiva ma anche aggressiva.

Tenendo presenti questi fatti, dovrebbe essere chiaro che presso la Divisione Metalli l'applicazione dei principi del Processo Snello è stata eseguita con notevole diligenza. In questa Divisione le operazioni sono a forte impegno di capitale su due livelli. Il primo livello è quello delle risorse materiali. Laminatoi, grossi forni fusori con le relative vasche di granulazione, forni di calcinazione, macchine trafilatrici, forni per trattamento termico, banchi per trafilatura, macchine per colata continua, macchine per colaggio a cera persa, ecc. sono costosi da acquistare e da gestire.

Il secondo livello è quello delle grandi quantità di metallo prezioso che entrano nel processo di lavorazione con queste apparecchiature e rappresentano una concentrazione molto alta di valore intrinseco. Si ottiene una prestazione operativa efficiente solo quando queste grosse quantità di materiale sono trasformate rapidamente nella loro forma finale e sono rese disponibili al punto di utilizzazione per la produzione di gioielleria con una qualità di livello superiore.

Presso la Stuller i progetti di sviluppo sono stati concentrati su:

- (1) riduzione dei costi,
- (2) minimizzazione della quantità di metallo in lavorazione,
- (3) massimizzazione della velocità con la quale il metallo prezioso è utilizzato nelle lavorazioni,
- (4) ottimizzazione delle rese di lavorazione, ed infine
- (5) ottimizzazione dell'uso del metallo prezioso come prodotto finito a magazzino.

Principi del controllo nella Divisione Metalli della Stuller

Nella Divisione Metalli, la concentrazione dell'attenzione sul controllo della qualità, dei costi e del movimento dei metalli preziosi ha contribuito a ottimizzare le operazioni. Alcune interessanti sinergie tra questi elementi apparentemente disparati sono state usate per ottenere importanti vantaggi.

Controllo dei metalli

Per il controllo dei metalli preziosi, il Dipartimento di Controllo dei Materiali utilizza un eccellente sistema, per essere in grado di rintracciare il materiale impegnato in specifici prodotti, mentre questi si trovano nei reparti di fabbricazione della gioielleria e di finitura. Tutte le colate sono preparate e fuse con un numero identificativo della colata. Questo numero di colata è conservato per tutto il metallo pulito riciclabile generato durante il suo uso in produzione. Nelle operazioni di colaggio i numeri di colata delle leghe usate sono registrati per ogni giorno in cui il metallo è usato. La data in cui i vari componenti sono stati colati è conservata nelle registrazioni del controllo di produzione mentre questi sono lavorati, fino alla Divisione di Fabbricazione della Gioielleria. Queste registrazioni servono per avere giornalmente valutazioni molto precise dei livelli di qualità. La registrazione della data permette anche di risalire da un dato prodotto ad una specifica colata o lotto di materiale.

La genealogia di una particolare colata può essere ricostruita anche dalle registrazioni relative ai materiali puliti riciclabili e dei componenti vergini che sono stati usati per preparare un determinato lotto di lega d'oro.

Da questa descrizione sembra che sia richiesto un gran lavoro, ma non è vero. I vantaggi ottenuti includono una riduzione del numero di colate preparate per l'uso nella produzione. Un archivio computerizzato per tutti i materiali presenti nel ciclo produttivo permette di ricalcolare e riformulare il materiale riciclato in base alla sua composizione originale, ogni volta che è rifiuto per produrre un nuovo lotto di lega per la produzione. Ogni volta che si prepara una colata, si ricalcola la concentrazione di tutti i principali elementi di lega e la si corregge per essere certi che la concentrazione di tutti gli elementi di lega abbia il valore voluto. Si è valutato che Stuller prepara probabilmente solo circa la metà delle colate che sarebbero richieste se si utilizzassero le pratiche abituali dell'industria della gioielleria. Questa riduzione implica un minore numero di saggi ed un controllo più rigoroso della quantità di metallo prezioso in ciclo.

Riduzione dei costi di lavorazione

Colaggio a cera persa

Nelle operazioni ad alto impiego di capitale, per ottenere i costi unitari minimi, si usano per le dimensioni dei lotti in lavorazione i valori massimi compatibili con i programmi di produzione e gli obiettivi del controllo dei materiali. Nel Dipartimento di Colaggio, per raggiungere questo scopo, sono state aumentate le dimensioni degli alberelli e dei cilindri fino ai limiti compatibili con le apparecchiature di colaggio.

In realtà nelle operazioni di colaggio un "lotto" corrisponde ad un cilindro. Dopo questo cambiamento, il numero di cilindri preparati per la produzione giornaliera è diminuito del 30%. Oltre alla riduzione della manodopera per il colaggio, si è anche risparmiato del refrattario.

Lavorazione del metallo

Nel Dipartimento di Lavorazione dei Metalli, tutte le lavorazioni sono eseguite in base alla "miglior pratica metallurgica". Per la preparazione delle leghe si seguono precise procedure di fusione e tutte le lavorazioni di lamiera, nastro, filo, leghe per saldatura,

ecc. sono eseguite secondo le istruzioni riportate sulle "Schede di lavorazione". Ogni ordine interno viaggia lungo la linea di produzione in base alla sua scheda di lavorazione.

Questo grado di controllo del processo ha permesso di ampliare artificialmente le dimensioni dei lotti, riducendo i costi unitari. Semplificando all'estremo, gli ordini per prodotti simili sono "riuniti" insieme e per tutti gli ordini così riuniti si prepara un solo lotto di materiale. Al punto opportuno della lavorazione le quantità richieste per i singoli ordini sono separate ed avviate alla lavorazione specifica. La manodopera della Stuller è diventata abile nella preparazione e nell'esecuzione di questo modo di lavorare. Non tutti possono lavorare in questo modo, pur rispettando le pratiche metallurgiche ottimali. Mentre il metodo del Processo Snello è stato usato con successo per gestire le lavorazioni nella Divisione Metalli e nei suoi dipartimenti operativi, un sistema derivato dalla Teoria dei Vincoli è usato per prevedere e programmare la produzione, al fine di raggiungere altri obiettivi. Perciò ora è opportuno esaminare come un'applicazione molto generale della TOC è stata utilizzata nelle operazioni di fabbricazione presso la Stuller.

La Teoria dei Vincoli (TOC)

I produttori di gioielleria che ottengono un successo finanziario concentrano la loro attenzione all'esterno, verso i clienti e contemporaneamente eliminano gli sprechi e riducono le giacenze. Nello stesso tempo, questi produttori devono affrontare molte altre pressioni dall'interno e dall'esterno. Gli azionisti premono affinché la produzione sia efficiente per quanto riguarda giacenze, lavorazioni e personale. I tempi di lavorazione sono sotto continua pressione, per ottenerne una riduzione senza pregiudizio della qualità.

Usando la TOC ed i principi del Processo Snello, la Stuller ha fronteggiato queste pressioni ed ha migliorato le sue prestazioni, sviluppando un sistema di lavorazione sincronizzato in cui si uniscono scienza ed arte. È stato messo a punto un processo orientato verso il cliente, nel quale i vari stadi di lavorazione sono stati razionalizzati, eliminando quelli ridondanti e le giacenze intermedie non indispensabili.

Come mostrato nell'organigramma funzionale di fig. 4, il sistema della TOC ha influenzato la divisione di colaggio a cera persa e la divisione metalli. Da questo grafico si vede il modo in cui le varie divisioni operative sono intercorrelate e come devono essere controllate da un solo gruppo di programmazione.

Principi della TOC

La TOC definisce un processo di lavorazione come un insieme di flussi. Questi flussi contengono variazioni e dipendono uno dall'altro. A causa di queste variazioni, tutti i sistemi presentano strozzature. Per ottenere risultati prevedibili, le strozzature devono essere controllate con metodi statistici.

Con il metodo di programmazione tradizionale, per migliorare le prestazioni si usavano vari strumenti. Sono state studiate schede di controllo per determinare il livello delle prestazioni ed il grado di variabilità che un processo poteva mantenere per un tempo prolungato. Una scheda di controllo descrive il comportamento del processo e da questa se ne può misurare la stabilità.

Nei processi le variazioni si presentano sotto due forme:

- Variazioni controllate, che sono stabili e si ripetono nel tempo e sono dovute a cause comuni, per cui sono prevedibili.
- Variazioni non controllate che non si ripetono nel tempo e possono essere causate dal processo stesso o da cause esterne.

Se non si identificano le cause delle variazioni, la direzione prenderà decisioni non adatte. La riduzione delle variazioni non controllate è un modo per ottenere un miglioramento continuo del sistema. Non si può gestire un processo del quale non si può prevedere il risultato. Effettuando azioni correttive sui vincoli si può ottenere una prevedibilità, che potrà essere gestita con un buon livello di certezza.

Quando in una organizzazione si identifica un vincolo fuori controllo, si devono trovare le cause del problema, come guasti nelle apparecchiature, difetti nel materiale o errori da parte del personale. Dopo che i problemi sono stati superati, gli ulteriori miglioramenti devono venire da un cambiamento del processo in sé.

Spesso la TOC è indicata come gestione sincronizzata, o gestione “tamburo-polmone-fune”. Il “tamburo” è il vincolo che dà il ritmo al sistema. Il flusso attraverso il sistema può essere grande solo tanto quanto è consentito dalla strozzatura. Perciò il tamburo fissa il ritmo al quale deve essere regolato il resto del processo di produzione. Il “polmone” rappresenta la protezione contro la variabilità del sistema. Di solito questo polmone può avere due forme: giacenze o tempo.

Si aumentano le giacenze ed i termini di consegna (polmone), in modo che il processo produttivo non sia influenzato dalle sue variazioni. La giacenza polmone si trova a monte della risorsa vincolante (strozzatura), in modo che, nel caso di cambiamenti a monte, le apparecchiature-strozzatura non restino senza lavoro. Il tempo perso nella strozzatura è perso in tutto il sistema. L'uso di giacenze polmone a monte del processo vincolante sono utilizzate per avere un flusso di produzione costante e ininterrotto. Caricando al massimo l'impianto vincolante e creando una giacenza polmone di materiale finito, l'azienda dispone di un meccanismo per compensare le variazioni nelle richieste mensili. La “fune” è lo strumento usato per aggiungere materiale nel processo di produzione, in modo che l'impianto vincolante non resti senza lavoro (1).

Il controllo del flusso, o TOC, è stato applicato con successo in impianti dove famiglie di parti simili sono sottoposte alla stessa sequenza di operazioni. Eliminando una programmazione dettagliata, questa tecnica riduce grandemente i tempi di esecuzione. I requisiti per renderla efficace sono:

- velocità di produzione programmata per eseguire le operazioni critiche;
- quantità di materiale in lavorazione esattamente programmata;
- stadi di lavorazione ben definiti, così che il materiale possa avanzare rapidamente;
- identificazione e datazione ben visibili del materiale in lavorazione.

Un controllo inefficiente del materiale in ingresso ed in uscita può portare ad un eccesso di materiale in lavorazione. Ciò causa tempi di consegna lunghi ed imprevedibili, con aumento delle giacenze. Il sistema di produzione “tamburo-polmone-fune” controlla con cura il flusso dei materiali attraverso l'impianto e si sforza di produrre beni finiti in accordo con le richieste del mercato, pur minimizzando le giacenze ed i costi operativi. Un sistema di lavorazione sincronizzato è quello in cui un flusso ininterrotto e costante di materiale si sposta rapidamente attraverso l'impianto con interruzioni minime (2).

I tre concetti chiave del processo snello sono trazione, flusso ed eliminazione degli sprechi. Il concetto di trazione richiede che in corrispondenza dei vari snodi del processo siano disponibili scorte di materiali. È anche riconosciuto il fatto che per avviare il processo sia necessario un ordine. L'idea alla base del concetto di trazione è “spediscine uno, fanne uno”. La seconda idea, il flusso, è quella di progettare un processo che consenta ad un ordine di avanzare senza arresti dopo che è stato avviato in produzione.

Infine la terza idea è l'eliminazione del “muda”, ossia degli sprechi dal sistema. Questa idea non è confinata a livello di officina, ma comincia dalla progettazione del prodotto ed include anche gli sprechi nelle funzioni amministrative. Questo processo cerca gli sprechi ovunque si verificano e cerca di eliminarli (3).

Considerando l'impegno della Stuller di “Fornire all'industria della gioielleria i prodotti richiesti, nel momento in cui sono richiesti”, è chiaro che, per i prodotti da colaggio, l'adozione dei soli principi del processo snello non sarebbe efficace.

Per gli ordini di produzione tipici, l'obiettivo della fabbricazione è l'utilizzazione massima della capacità nell'operazione che agisce da vincolo. Nello stesso reparto arrivano dai clienti ordini differenti. Qui l'obiettivo non è l'utilizzazione massima della capacità produttiva, ma la minimizzazione del tempo di consegna, per migliorare la soddisfazione del cliente.

Con il sistema del processo snello si eliminano le giacenze di prodotti finiti. Quando si riceve un ordine, si usano schede kan-ban per farlo avanzare lungo il sistema. Però nelle attuali condizioni questo non è ciò che i produttori di gioielleria desiderano. I clienti confidano nell'impegno della Stuller di mantenere una disponibilità sufficiente per effettuare le consegne al consumatore finale nel giorno successivo all'ordine.

Per la Stuller il solo 3,3% dei componenti prodotti (SKU) corrisponde al 50% delle vendite. Per la maggior parte dei prodotti della Stuller la richiesta è bassa e sporadica ed il 65% delle SKU contribuisce solo per il 10% al volume delle vendite. Tuttavia i clienti pensano che queste SKU siano pronte a magazzino per la consegna nel giorno seguente. Per soddisfare queste richieste, circa il 50% delle giacenze di magazzino sono destinate a coprire il 10% del volume delle vendite.

L'adempimento di questo impegno in modo costante ha permesso di definire la Stuller come attuale leader nelle prestazioni nell'industria della gioielleria. Questo stile di produzione e di impegno nella consegna nel giorno seguente sono diventati punti di riferimento nell'industria della gioielleria. Basandosi sul modello della Stuller, altri fornitori hanno messo a punto le loro versioni della consegna nel giorno seguente. Attualmente nella mente dei produttori di gioielleria il nome della Stuller è collegato al mantenimento di questa promessa.

La TOC presso la Stuller, Inc.

Tre anni fa alla Stuller si usava un metodo semplice per determinare i programmi di produzione. Si stabiliva come obiettivo un tasso di crescita del totale delle vendite per l'anno successivo e, dopo che questo era stato determinato, si applicava la stessa curva di crescita a tutte le parti del sistema. Da qui si creava un programma generale (MPS) per l'anno. Il programma generale era applicato ai programmi di produzione giornaliera e si supponeva che, se si fosse prodotto quanto previsto dallo MPS, si sarebbe ottenuto il giusto assortimento di prodotti ed i clienti sarebbero stati soddisfatti.

Con questa teoria non erano riconosciuti i principi fondamentali del controllo delle giacenze.

- Il riconoscimento del fatto che la chiave per la gestione delle giacenze si trova nella riduzione al minimo degli errori di previsione nel ripristino delle scorte a livello delle singole SKU e non a livello globale. Questi errori portano a giacenze troppo basse o troppo alte ed a consegne anticipate o ritardate (4).
- La valutazione del successo nella gestione delle giacenze sulla base di tassi di crescita finanziari fissati in modo arbitrario non è sufficiente per una programmazione efficiente. La programmazione della produzione era basata sulla quantità economica degli ordini, ossia sui punti di rinnovo degli ordini. Questo sistema era correlato più direttamente a provvedimenti finanziari e nelle considerazioni sulle giacenze non si teneva conto della graduazione delle consegne nel tempo.
- Quindi non si capiva che il costo minimo totale si ottiene quando il ripristino delle scorte riflette il miglior compromesso tra i costi di produzione ed il costo di mantenimento delle giacenze.

A causa di questi fatti, il sistema spesso emetteva ordini non richiesti e tardava a mettere in lavorazione prodotti già esauriti. Ciò provocava un aumento dei costi per accelerare la produzione, alti livelli di materiale non a magazzino, giacenze eccessive e minor soddisfazione dei clienti.

È stata quindi studiata una strategia per permettere che gli ordini avanzassero rapidamente lungo la catena di produzione, garantendo che le risorse vincolanti fossero utilizzate al 100%, così da minimizzare il costo delle giacenze. Il miglioramento dell'efficienza del sistema e la determinazione dei suoi vincoli sono iniziati con la definizione delle esigenze e delle aspettative dei clienti della Stuller. La chiave stava nell'identificazione dei clienti e delle loro necessità e nella loro disponibilità a pagare il necessario per i servizi o la consegna. Questo obiettivo è stato raggiunto attraverso indagini presso i clienti e l'esame delle loro risposte.

Da questa analisi è risultato che il vincolo principale nel

processo era l'impegno dell'azienda nella consegna entro il giorno successivo all'ordine. Ciò richiedeva che il giusto assortimento di scorte fosse disponibile per un numero di base di 40.000 clienti al giorno.

Nel processo di fabbricazione si è trovato che la lucidatura era lo stadio più critico e spesso causava i maggiori ritardi. Benché l'impianto fosse organizzato in modo da avere un flusso regolare della produzione, si è trovato che la strozzatura si trovava nel processo di lucidatura.

Per risolvere questo problema, la prima parte della strategia è stata la creazione di un programma di produzione preciso, basato su un metodo di previsione attendibile. La seconda parte della soluzione è consistita nell'applicazione di un metodo di lavorazione che avrebbe ridotto drasticamente i tempi del ciclo di produzione.

Applicazione – GAINS e cicli di lavorazione mirati

Verso la fine del 1998, la Stuller ha acquistato del software per migliorare le previsioni ed i processi di ripristino delle scorte. Questo è il sistema GAINS (General Adaptation Inventory System = Sistema generale per l'adattamento delle giacenze). La scelta di questo software è stato il passo più critico nello sviluppo di un sistema aggiornato per la programmazione della produzione. GAINS è uno strumento di gestione integrato, che consente di gestire le previsioni, i programmi di ripristino delle scorte e l'ottimizzazione del livello dei servizi. GAINS crea una previsione delle richieste di produzione basandosi sulla storia della domanda nel passato e su vari modelli statistici. Dopo che le previsioni sono state controllate ed approvate per le singole SKU, si prepara un programma ottimizzato di ripristino delle scorte. Questo programma tiene conto dell'efficienza della produzione, dei costi di produzione per i vari ordini e dei costi di gestione delle scorte, in modo da ottenere il livello più vantaggioso per le giacenze di ogni SKU, in accordo con gli obiettivi fissati per il servizio ai clienti (5).

Il sistema ottimizza quattro costi:

- costo di acquisizione (materiale lavorato o acquistato)
- costo di ricevimento/costo di ordinazione e/o costo di avviamento
- costo di gestione delle scorte di servizio
- costo di gestione delle scorte di ciclo.

Il costo di acquisizione è il costo del pezzo e resta costante o diminuisce se sono offerti sconti per quantità. I costi di ricevimento sono quelli diretti associati con l'ordinazione ed il ricevimento di una consegna. I costi di gestione delle scorte di servizio aumentano quando sono richiesti livelli più alti di soddisfazione dei clienti, poiché un servizio migliore richiede maggiori scorte di servizio. I costi di gestione delle scorte di ciclo corrispondono a quella parte delle scorte che serve per soddisfare le richieste. Se si aumentano le quantità per il ripristino delle scorte, aumenta anche la media delle scorte di ciclo con i costi relativi.

Il sistema realizza il processo di ottimizzazione delle previsioni scegliendo il modello che produce la deviazione media minima (MAD = mean absolute deviation). MAD è calcolata sommando i valori assoluti degli errori di previsione. Un valore alto di MAD indica che vi è un errore di previsione relativamente grande, mentre un valore piccolo indica che la previsione è molto

attendibile. Di solito, quanto più grande è la richiesta per una certa SKU, tanto più piccola è MAD, per cui sono richieste scorte di servizio più basse.

Grazie alle modifiche introdotte dai programmatori, il sistema è aggiornato quotidianamente invece che settimanalmente. Si ottiene così il vantaggio di identificare immediatamente i cambiamenti delle giacenze e di poter adattare il programma di produzione a questi cambiamenti. Nel caso di cambiamenti significativi nelle vendite o nelle giacenze, il tempo di risposta per i clienti è stato ridotto da 5 giorni a 1.

Il piano di ripristino delle scorte basato sul metodo di previsione usato per GAINS offre parecchi vantaggi.

- Si consiglia di agire ad un livello delle SKU basato sulla giacenza e sulle previsioni della richiesta futura.
- L'ottimizzazione dei vincoli ed il livello di produzione sono basati sulle necessità dei clienti.
- I problemi critici delle giacenze sono messi in evidenza e sono definiti i piani per risolverli.
- I costi totali del sistema sono ridotti al minimo.
- Si ottengono i livelli predeterminati di servizio ai clienti, in modo che essi possano ottenere ciò che desiderano, nel momento in cui lo desiderano ed al costo minimo (6).

Lo scopo dell'ottimizzazione del livello del servizio è fornire un livello predeterminato di servizio al cliente, pur mantenendo al valore minimo il ripristino delle scorte e l'investimento per le scorte di sicurezza. La chiave usata in GAINS per ottimizzare i livelli di servizio ai clienti è la valutazione della posizione prevista per le giacenze (PIPE = Projected Inventory Position Evaluation), che è la proiezione nel tempo del livello delle scorte di ogni voce di magazzino. Questo numero rappresenta le giacenze disponibili alla fine del tempo di consegna di ulteriori ordini.

Questo sistema tende a mantenere condizioni di equilibrio. Cioè tutte le richieste sono soddisfatte, senza che vi sia eccesso o scarsità. I prodotti scarsi sono quelli per i quali le scorte sono insufficienti per soddisfare la richiesta. Questa situazione causa una perdita di vendite ed un aumento dei costi per accelerare la produzione. I prodotti in eccesso sono quelli per i quali la disponibilità è superiore alla richiesta. Ciò aumenta i costi di gestione. I prodotti "bilanciati" sono quelli per i quali le scorte pareggiano la richiesta, senza eccessi o scarsità e per essi PIPE = zero.

Prevedendo la richiesta futura per un dato prodotto, questa funzione consente di capire bene il processo di ripristino delle scorte. Il metodo di ripristino delle scorte in fase con il tempo rappresenta un notevole miglioramento rispetto al metodo del punto di rinnovo dell'ordine.

In seguito sono state portate parecchie modifiche a GAINS, al fine di migliorare la programmazione delle risorse in corrispondenza dei vincoli. Sono stati introdotti miglioramenti nella programmazione delle "capacità finite", una selezione dei fornitori, una ottimizzazione del limite dei prezzi ed una nuova programmazione della richiesta dei pezzi. Queste modifiche permettono alla Stuller di portare al massimo la produzione e nello stesso tempo di ridurre al minimo i costi correlati con un aumento preventivo delle scorte, in tempi di capacità eccedente, in previsione di tempi futuri in cui vi sia capacità insufficiente. La capacità è definita in funzione del processo vincolante ed il sistema definisce le dimensioni dei lotti e la combinazione

fornitori/linea di produzione che ottimizzerà il flusso del materiale, pur mantenendo il servizio ai clienti al livello desiderato.

È stato constatato che per i clienti della Stuller è necessario produrre e consegnare i prodotti non a magazzino con un tempo di ciclo ridotto. Gli ordini specifici dei clienti ed i prodotti non a magazzino sono ora trattati con un sottosistema di produzione chiamato Fast Track (Via rapida). È stato valutato che il 95% del tempo totale di ciclo era formato da tempi di attesa. La loro riduzione ha dato alla Stuller la possibilità di ridurre di 10 giorni, ossia del 66%, i tempi di ciclo per gli ordini dei clienti.

Tipicamente in un giorno circa il 95% dei pezzi messi in produzione serve per formare o ripristinare scorte di materiale pronto per la vendita. Il restante 5% serve per soddisfare ordini specifici dei clienti. Questa relazione ha dato alla Stuller l'occasione di mettere a punto il sistema rapido di produzione attualmente usato.

Tre anni fa il termine di consegna per una montatura finita era compreso tra dodici e quindici giorni e per molti clienti era inaccettabile. In quel momento non era possibile aumentare la capacità in modo sufficiente da ridurre il tempo di ciclo per l'intera linea di prodotti. In base a questa idea sono stati messi a punto per tutte le SKU due tempi di ciclo: uno per i pezzi prodotti per le scorte di magazzino ed un altro più breve, il Fast Track, per i pezzi prodotti su ordinazione del cliente.

In questo modo è possibile far avanzare la maggior parte delle lavorazioni a velocità normale e far viaggiare i pezzi fatti su ordinazione con un trattamento speciale, per un completamento più rapido. Questi gruppi esaminano da sé il loro prodotto e così scavalcano parecchie fasi amministrative del processo, riducendo i tempi di attesa. Con la fabbricazione "Fast Track" gli ordini dei clienti sono soddisfatti in cinque giorni invece di quindici.

Punti di forza della Stuller sono la programmazione ed il controllo flessibile delle risorse. Però il prezzo per ottenere la flessibilità richiesta dai clienti è rappresentato da un livello più alto delle giacenze. Questo sistema è in contrasto con i principi del processo snello, ma si è dimostrato valido per la Stuller. Il concetto del "Fast Track" fornisce un mezzo per raggiungere gli obiettivi contrastanti di utilizzazione massima della capacità produttiva e riduzione selettiva dei tempi di consegna per ordini specifici. Il concetto di "Fast Track", o fabbricazione finalizzata, integra e sincronizza personale, processi e sistemi con i principi del flusso di lavorazione ed ha permesso alla Stuller di produrre a costi più bassi e fornire una gran varietà di prodotti con tempi di consegna molto brevi.

Risultati - Lavorazione dei Metalli

Presso la Stuller la qualità è sotto controllo, osservazione e valutazione continui. Le relazioni sulla qualità rispettano due schemi temporali. Le relazioni giornaliere hanno lo scopo di fornire una immagine istantanea della qualità. Il numero di pezzi scartati per operatore o gli insuccessi del processo sono controllati e riferiti come percentuali del numero totale di pezzi messi in lavorazione in quel giorno. Questa è una valutazione media di ciò che accade nella fabbricazione.

Dopo che tutti i pezzi messi in lavorazione in un dato giorno sono stati finiti, si esegue una valutazione più precisa della qualità del prodotto. Per i pezzi colati a cera persa, si usa come riferimento la data in cui sono stati colati. Si raccolgono poi tutti i dati relativi

agli insuccessi verificatisi in quel giorno, classificandoli secondo il reparto e la causa dell'insuccesso. In questo modo gli insuccessi sono collegati con un particolare lotto di metallo, con cambiamenti dei parametri di processo o cambiamenti insoliti nelle condizioni di lavorazione, dovuti a cause esterne o inattese. I prodotti scartati rappresentano uno spreco e le cause degli scarti sono sotto esame continuo, per effettuare le opportune azioni correttive.

Per la lavorazione di lotti, i costi unitari di produzione diminuiscono con l'aumento del lotto. Si pensa quindi che le dimensioni dei lotti dovrebbero essere le più grandi possibili, compatibilmente con la richiesta, con la capacità degli impianti e con i costi di gestione delle giacenze di metallo prezioso. Per esempio, nelle operazioni di colaggio, gli alberelli dovrebbero essere grandi il più possibile.

Presso la Stuller si usano abitualmente pratiche operative che portano a prodotti di qualità superiore e ci si sforza continuamente di mettere a punto nuovi metodi per migliorare la qualità. Un pezzo scartato rappresenta uno spreco di lavoro, materiale e capacità produttiva.

Come conseguenza degli sforzi per eliminare gli sprechi nella lavorazione dei metalli, le pratiche operative usate per preparare e lavorare le leghe d'oro sono differenti da quelle usate di solito nell'industria della gioielleria.

Come risultato di un più efficiente controllo del metallo, si formula solo la metà del numero di colate, pesate e fuse alla Stuller, in confronto a quello che sarebbe richiesto se si usassero i metodi più tradizionali dell'industria della gioielleria.

Alla Stuller il colaggio a cera persa è stato esaminato con molta cura. Come risultato, nel settembre 1999 è stata messa a punto una lega di oro giallo a 14 K per colaggio con grano affinato. Nell'industria della gioielleria degli USA molte aziende usano leghe disossidate con silicio, che non sono adatte per ottenere un grano fine. È risultato che, oltre ad avere un effetto sulla lavorazione, l'affinazione del grano ha portato ad una lega di oro giallo a 14 K che, se valutata con le prove meccaniche standard, era del 25% più resistente e del 45% più duttile, in confronto ad un oro giallo a 14 K disossidato con silicio, che conteneva solo 200-300 p.p.m. di silicio.

Operazioni di colaggio

Le valutazioni interne delle prestazioni sono utili, ma i giudici finali delle prestazioni sono i clienti della Stuller. Ogni mese si invia un

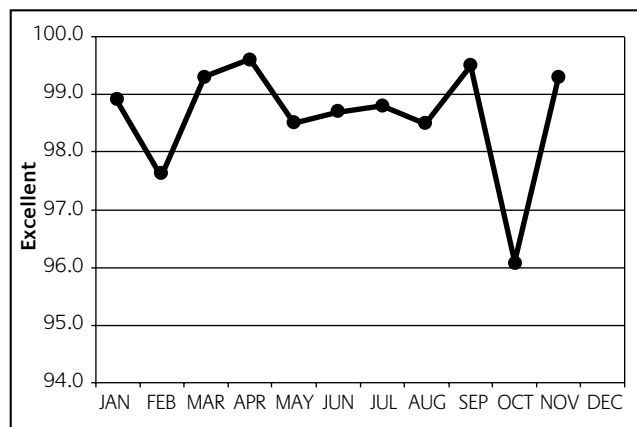


Diagramma 1 - Opinione dei clienti sul funzionamento della consegna nel giorno seguente

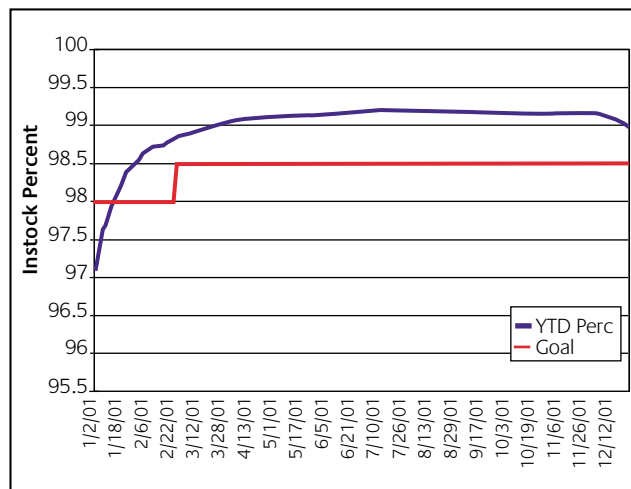


Diagramma 2 - Disponibilità media giornaliera a magazzino

questionario al 7% dei clienti che nel mese precedente hanno ricevuto una consegna di merce da parte della Stuller. Ai clienti è chiesto di rispondere a 13 domande. Questa valutazione riflette le opinioni dei clienti piuttosto che il punto di vista della direzione sul proprio lavoro ed indica quello che il cliente desidera ricevere e non quello che l'azienda desidera offrire. Qui si riportano le valutazioni relative a parecchi punti chiave del questionario.

Nel diagramma 1 è riportata l'opinione dei clienti sulle nostre prestazioni relative alla consegna nel giorno successivo. I dati per il 2001 mostrano risultati mediamente superiori a 98%. La media del 98,6% è superiore al nostro obiettivo del 98%. Con l'introduzione del sistema di produzione Fast Track il tempo medio in cui una SKU non è disponibile a magazzino è di 3 giorni. La percentuale della consegna entro il tempo previsto delle SKU che formano il 50% delle vendite è di solito sopra il 99,5%. Per questo motivo i clienti possono fare forte affidamento sulla Stuller e valutarla molto favorevolmente sotto questo aspetto.

Nel diagramma 2 è riportata la valutazione interna della Stuller delle prestazioni relative alla disponibilità a magazzino. Questi risultati sono in accordo con le risposte dei clienti ed il raggiungimento del 99,02% riflette la sinergia tra i gruppi delle Vendite, della Logistica e della Fabbricazione. Il Gruppo Logistica ha classificato le SKU nelle categorie ABC, al fine di concentrare l'attività su quelle richieste più spesso dai clienti. Per esempio, per questo gruppo, una media ponderata dà ad un prodotto di classe A un'importanza cinque volte maggiore di quella di uno di classe C. I dati sui materiali a magazzino indicano che, se il 98,5% delle SKU del nostro catalogo è disponibile, ci si attende che allo 1,5% dei clienti che telefonano si risponderà che il pezzo richiesto non è disponibile per la consegna nel giorno seguente.

Con l'introduzione di questi processi, è anche stata diminuita l'entità delle lavorazioni accelerate. Con l'applicazione del metodo Fast Track, nel 2001 il costo di queste lavorazioni è stato ridotto del 12%. Per i clienti questo è stato un importante miglioramento e, grazie all'introduzione di questo metodo, le vendite sono aumentate ed è migliorata la soddisfazione dei clienti.

Nel diagramma 3 è mostrata la velocità del ricambio per le montature e la minuteria. La recessione del 2001 ha fatto rallentare il ricambio delle giacenze di montature, fino a quando

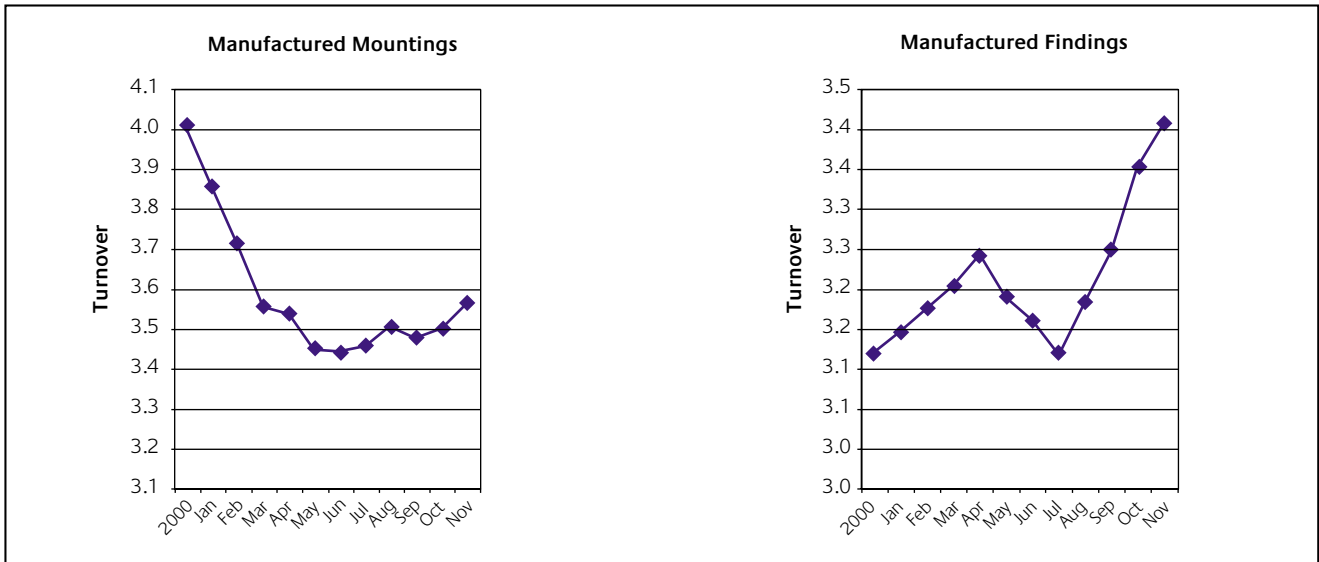


Diagramma 3 - Velocità di ricambio delle scorte per montature e minuteria

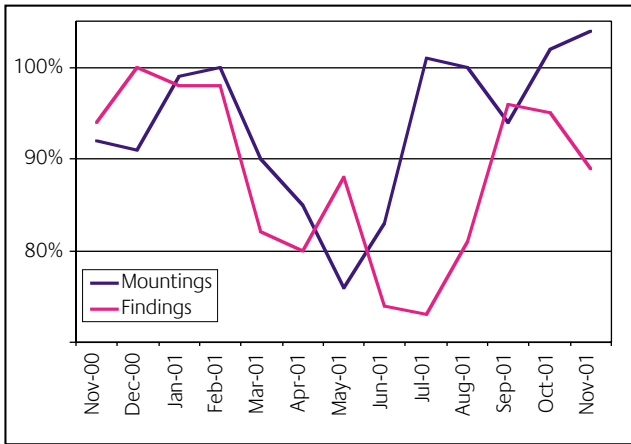


Diagramma 4 - Utilizzazione percentuale della capacità degli impianti per montature e minuteria

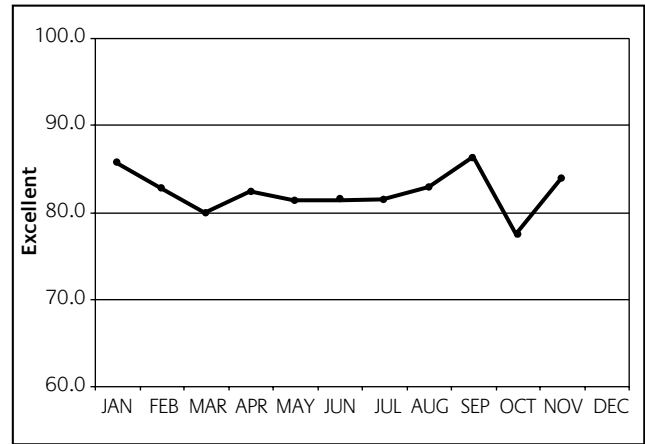


Diagramma 6 - Opinione dei clienti su qualità, servizio e consegne dei prodotti Stuller in rapporto al prezzo

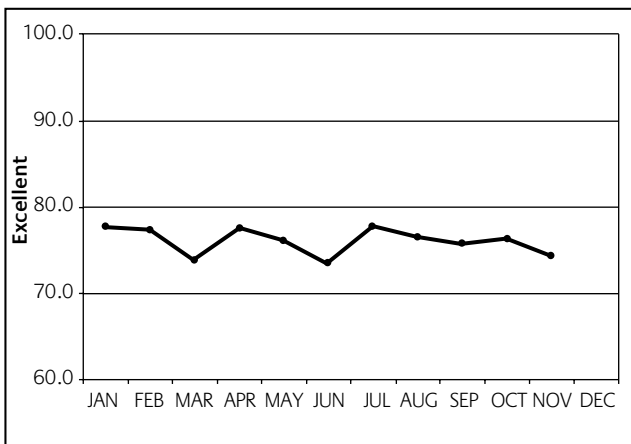


Diagramma 5 - Opinione dei clienti sulla qualità dei prodotti Stuller

si è riusciti a consumare l'eccesso di scorte. Verso la fine del 2001, grazie al miglioramento delle previsioni GAINS, le giacenze sono state nettamente ridotte. Malgrado questa riduzione, in questo anno è migliorata la nostra capacità di soddisfare le richieste dei clienti. Infatti alla fine di dicembre 2001 la nostra posizione per il materiale a pronta consegna era del 3,2% migliore di quella alla fine di dicembre del 1999.

Grazie all'uso di previsioni precise e di principi di produzione focalizzati, dopo la stagione di Natale del 2000, la Stuller è stata in grado di ritornare rapidamente a livelli di giacenze accettabili. Attualmente sono necessari solo 14 giorni per ritornare all'obiettivo del 98,5% di prodotti a magazzino, in confronto ai 45 giorni di solo tre anni fa.

Nel diagramma 4 è mostrata l'utilizzazione degli impianti dell'azienda. Il calo nel secondo trimestre è stata una decisione strategica per diminuire il bilancio delle giacenze. In generale, le medie del 94% e dell'87% mostrano la capacità del sistema GAINS di massimizzare il flusso, pur agendo per minimizzare i costi totali del sistema. Per il dicembre 2001 ed il gennaio 2002, l'utilizzazione media degli impianti è vicina al 97%.

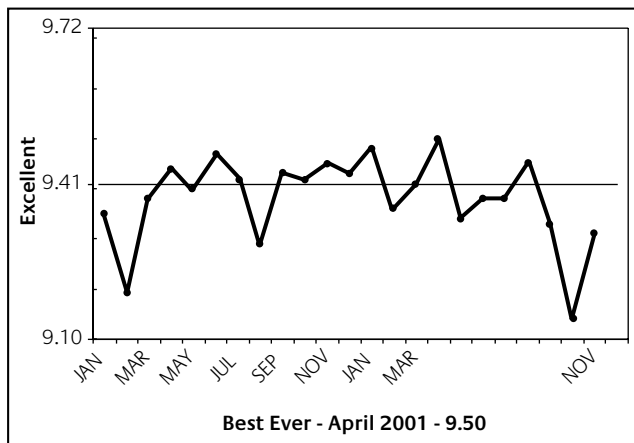


Diagramma 7 - Indice globale della soddisfazione dei clienti

Nel diagramma 5 è presentata la valutazione dei clienti per la qualità dei prodotti offerti. La domanda chiedeva di valutare la qualità dei prodotti Stuller come scadente, discreta, buona o eccellente. Nel periodo dal gennaio 1999 all'ottobre 2001 tra il 72 e l'80% delle risposte ha classificato la qualità dei prodotti Stuller come buona o eccellente. Nell'ottobre 2001 oltre il 98% delle risposte ha indicato la qualità come buona o eccellente.

Nel diagramma 6 è riportata la valutazione da parte dei clienti del valore dei prodotti offerti dalla Stuller in rapporto al prezzo pagato. Ciò aiuta a determinare se i clienti pensano che i prezzi corrispondono alle loro aspettative, in rapporto alla qualità, ai servizi ed alla consegna entro il giorno seguente, che sono loro offerti. Spesso un cliente classifica la Stuller meno di eccellente in un campo specifico e malgrado questo considera l'azienda come eccellente su una base generale.

Infine nel diagramma 7 è riportato l'indice generale di soddisfazione per la Stuller. La media ponderata di 9,37 per il 2001 è significativamente più alta di quella di altre aziende che usano questo stesso indice, che cerca di determinare una valutazione generale delle prestazioni della Stuller dal punto di vista dei clienti.

Conclusioni

Presso la Stuller, Inc. le forze del mercato e le politiche aziendali hanno creato un insieme unico di occasioni per la produzione. La strategia commerciale dell'azienda è di convincervi ad emettere un ordine, con l'aspettativa che la consegna avverrà nel giorno seguente. Per vincere questa sfida, i prodotti finiti devono essere pronti per una spedizione immediata. Questa impostazione è in contrasto con i principi del processo snello.

Il processo snello ha un'ampia prospettiva, nel senso che richiede di lavorare per eliminare gli sprechi in tutta l'azienda. La TOC richiede invece di concentrarsi solo sugli sprechi alle strozzature. Presso la Stuller, Inc. gli sforzi sono concentrati sull'eliminazione degli sprechi alle strozzature. Questa procedura, definita dal sistema TOC, permette alla Stuller di usare efficacemente le sue risorse per ottimizzare il flusso di valore.

Il sistema TOC ottimizza in seconda istanza anche i risultati finanziari dei centri di costo diversi dalle strozzature, poiché, assicurando la massima utilizzazione delle risorse vincolanti, ottimizza l'intera catena.

Il processo snello funziona meglio in un mercato con domanda relativamente stabile, che è principalmente per il ripristino delle scorte. In contrasto, un sistema di fabbricazione Fast Track riconosce che in certi ambienti possono esservi delle variazioni intrinseche e si rende disponibile per soddisfare queste richieste. Guardando al futuro, è probabile che il mercato si sposti verso una maggiore specializzazione e verso prodotti fatti su misura, che richiederanno come risposta una fabbricazione Fast Track.

Il processo snello può essere applicato alle operazioni di lavorazione del metallo, che sono a forte impiego di capitale e non dipendono da un singolo ordine di un cliente.

La preparazione di graniglia per colaggio è eseguita con un sistema di giacenze "snelle". Le scorte sono ridotte al minimo e spesso sono sostituite in meno di una settimana.

Nella produzione mediante colaggio, le operazioni impiegano molta manodopera e sono raggruppate in piccoli lotti. La richiesta è formata principalmente dal ripristino delle scorte ed in grado minore da ordini dei clienti. Per questo processo è migliore un sistema di "spinta" (push). Si possono fare delle previsioni per la produzione richiesta e si può usare uno strumento di programmazione della produzione per controllare le consegne. Con l'adozione del sistema Fast Track l'azienda può rispondere alle richieste dei clienti e fornire loro un servizio di livello superiore.

Nell'industria della gioielleria il modello messo a punto presso la Stuller è diventato uno standard, che gli altri cercano di raggiungere. Esso ha creato nell'organizzazione un punto di riferimento per il successo ed incoraggia quello che Matthew Stuller chiama "la passione per il servizio" e "il desiderio di deliziare i clienti".

La Stuller, Inc. è un produttore di fama mondiale di gioielleria e semilavorati in metallo prezioso. Usando nella sua organizzazione una combinazione delle parti migliori dei sistemi gestionali del processo snello e della TOC, ha aumentato la soddisfazione dei clienti ed ha abbreviato i cicli di lavorazione. La Stuller applica i concetti migliori del processo snello e della TOC in una singola operazione, per essere oggi nell'industria della gioielleria il punto di riferimento per la qualità e le consegne.

Bibliografia

- 1 Andrea M. Hill, "Il processo snello ed i principi della Teoria dei Vincoli nell'ambiente della produzione della gioielleria", Atti del quindicesimo Simposio di Santa Fe, E. Bell, ed. Met-Chem Research, 2001.
- 2 John H. Blackstone Jr. e James F. Cox, "Lezioni su Drum, Buffer, Rope", Atti della Conferenza Internazionale APICS, 1999, 334-337.
- 3 George W. Plossl e Keith R. Plossl, "Come 'domare' l'officina in un ambiente selvaggio", Atti della Conferenza Internazionale APICS, 1999, 177-182.
- 4 Rajan Suri, "Non spingete o tirate - POLCA", Novembre 1998, APICS - Il vantaggio delle prestazioni, p. 32-38.
- 5 Sistema GAINS, Manuale di riferimento GAINS*C/S, Capitolo 2, "Descrizione generale di GAINS", 1998, p. 2-14.
- 6 Sistema GAINS, Manuale di riferimento GAINS*C/S, Capitolo 2, "Descrizione generale di GAINS", 1998, p.2-3.
- 7 Sistema GAINS, Manuale di riferimento GAINS*C/S, Capitolo 2, "Descrizione generale di GAINS", 1998, p. 2-12.