

3.2 Sito di Massa

Il lavoro svolto è stato eseguito presso il sito produttivo di Massa.

Lo stabilimento SKF di Massa sorge su un'area di circa 30.000 mq di cui 8.000 sono coperti e ospitano 5 canali di produzione per i cuscinetti, 3 per gli Y e 2 per i Niche, e 3 canali per i supporti in ghisa. Si tratta di un nuovo stabilimento costruito negli anni '90, ma in realtà l'azienda esisteva fin dal 1943 a pochi metri dalla posizione attuale. Inizialmente di proprietà della RIV, poi nel 1965 entrò a far parte del gruppo multinazionale SKF, assumendo il nome di RIV-SKF.

Alla fine degli anni '80 venne attuata una fusione con una società americana, la Eaton Service Limited, una grossa compagnia leader nel settore della componentistica per il mercato dell'auto; il connubio però non fu dei più felici e dopo pochi anni fu deciso di sciogliere la società.

Nel nuovo stabilimento, fin dall'inizio è stato deciso di concentrare la produzione su un determinato tipo di prodotto: le unità Y, composte da un alloggiamento (Housing) realizzato in ghisa, in materiale composito o in lamiera stampata di acciaio e da un cuscinetto volvente a sfera.

Il cuscinetto Y si differenzia dai cuscinetti radiali rigidi da cui deriva, per il profilo sferico dell'anello esterno ed il particolare sistema di fissaggio all'albero.

Partendo da anelli in acciaio semilavorati (provenienti principalmente da altri stabilimenti del gruppo SKF), attraverso una serie di lavorazioni, si ottiene questo tipo di cuscinetto, in varie dimensioni, con standard di misura metrico decimale e pollici, e con molte varianti raggruppate in famiglie (in base alle dimensioni del foro dell'anello interno).

Le applicazioni più comuni delle unità Y sono nelle macchine agricole, negli impianti di convogliamento, nelle macchine tessili, nei ventilatori nonché nelle macchine per l'industria alimentare e per l'imballaggio.

Dal 2002 è stata avviata anche la produzione di cuscinetti Niche. Con questa definizione sono indicati cuscinetti volventi a sfera di tipologia, forma e dimensioni diversificate.

Fanno parte cuscinetti radiali rigidi a pieno riempimento, oppure a doppia corona, cuscinetti a contatto obliquo a sezione sottile singola e doppia corona, a 4 punti di contatto, cuscinetti tendi cinghia e distacco frizione, cuscinetti per carrelli elevatori e mozzi ruota.

A fronte di una gamma così ampia le applicazioni non possono che essere diversificate. Si passa infatti dagli impianti di produzione di pellicole fotografiche alle macchine a fluido, dai carrelli elevatori alle macchine movimento terra e alle autovetture.

Attualmente sono impiegate presso l'Unità produttiva circa 170 persone che contribuiscono ad una produzione annuale di circa 3.000.000 di Cuscinetti Y, 1.300.000 di Unità Y e 200.000 Cuscinetti Niche.



Figura 3.2-Y UNIT di Massa

3.3 L'organizzazione produttiva

All'interno dello stabilimento la produzione è organizzata per canali, in cui confluiscono i componenti, dando origine prima ai cuscinetti e successivamente alle unità.

Attualmente nel sito produttivo di Massa ci sono:

- **5 Bearing Channel**: di cui tre canali che producono cuscinetti Y e due di tipo Niche.
- **3 Housing Channel**: questi sono canali in cui sono lavorati i supporti grezzi e assemblati con i cuscinetti Y provenienti dai *Bearing Channel* per andare a costituire le unità.

Oltre ai canali è presente un'area dedicata alle **Shared Operation** dove sono eseguite tutte le operazioni necessarie prima dell'immissione degli anelli nei canali (non per tutte le tipologie sono necessarie queste lavorazioni): si tratta di operazioni di foratura, maschiatura, tempra e sfacciatura.

Per quanto riguarda i canali che producono cuscinetti Y, la struttura generale è uguale in tutti e tre i *Bearing Channel*: nella prima parte del canale sono eseguite, in parallelo, le operazioni di rettifica sull'anello interno e sull'anello esterno; a seguito delle lappatrici, che eseguono l'ultima operazione della rettifica, i due componenti sono fatti convogliare in un'unica macchina, che provvederà ad iniziare l'assemblaggio scegliendo in modo opportuno la combinazione giusta (in termini di gioco radiale) tra anello interno ed anello esterno.

Per ogni canale possono essere lavorati soltanto determinate famiglie di cuscinetti, complessivamente gli Y che transitano hanno un foro di dimensioni che parte da 20 mm (circa), fino ad arrivare a 65 mm.

Per quanto riguarda i canali che lavorano cuscinetti Niche, il layout delle macchine sul canale è meno rigoroso in quanto, essendo anelli più grandi, ci sono ancora alcune operazioni manuali e trasferimenti tra le macchine non automatizzati.

3.4 I Bearing Channel e i canali 35 e 36

Il lavoro svolto si concentra sui canali 35 e 36 che appartengono ai *Bearing Channel* poiché producono cuscinetti Y, con la dimensione del foro che può variare dai 35 mm ai 50 mm per il canale 35, da 55 mm a 65 mm per il canale 36.

Le macchine sono disposte in serie ed i pezzi passano da una macchina all'altra attraverso dei piccoli nastri trasportatori chiamati *flexlink* (o semplicemente flex). Questi ultimi evitano qualsiasi intervento umano per il trasporto dei cuscinetti fino alla fine del montaggio: l'operatore dovrà provvedere a caricare gli anelli interni e gli anelli esterni all'inizio del canale, eseguire i controlli previsti a seguito di ciascuna lavorazione, settare e controllare le macchine, effettuare gli interventi di manutenzione e riporre in appositi contenitori i cuscinetti alla fine dell'assemblaggio, dopo aver eseguito il controllo visivo.

Nella Figura 2.1 è schematizzato il layout dei canali con l'elenco delle principali operazioni svolte.

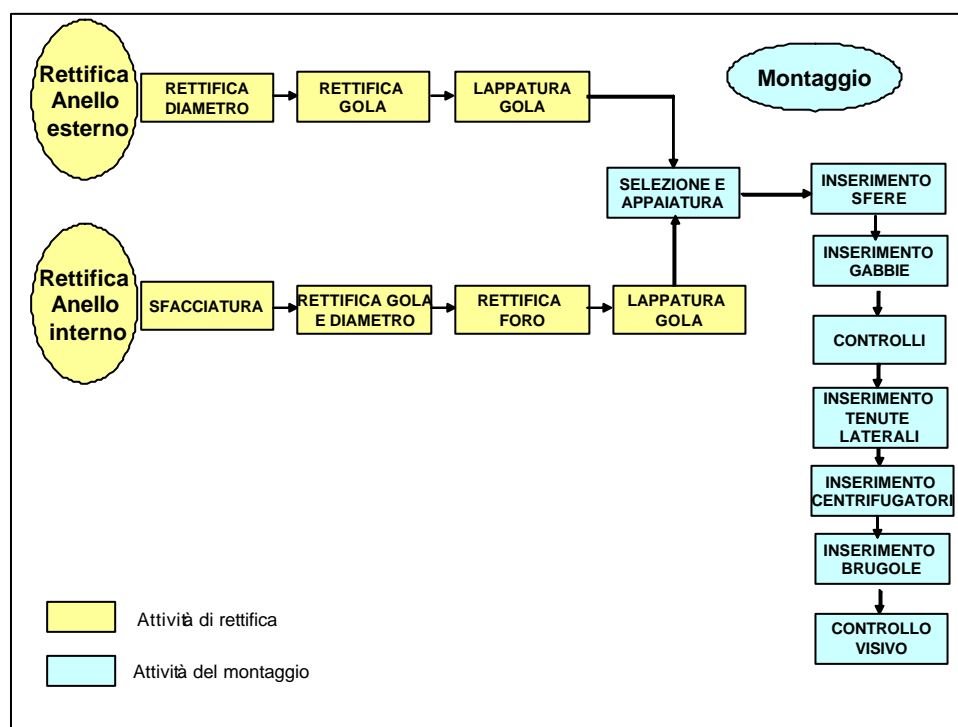


Figura 3.3 - layout con l'elenco delle principali operazioni svolte

Le operazioni eseguite sul canale nella parte di rettifica dedicata all'anello interno sono:

- 1) La **sfacciatura**, dove è asportato materiale sulle facce dell'anello interno (Figura 2.2).

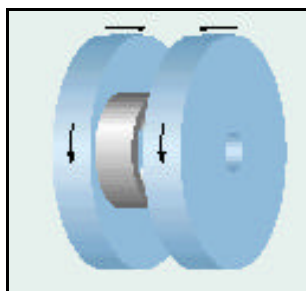


Figura 3.4 - anello interno sfacciato da due mole

- 2) La **rettifica del diametro esterno e della gola** che porta via materiale dalla parte esterna dell'anello (gola e diametro); si tratta della macchina *bottleneck* (Figura 2.3).

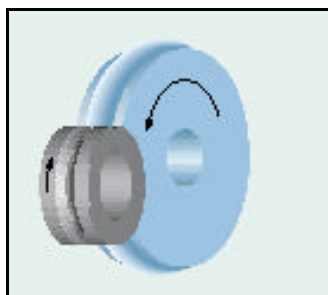


Figura 3.5 - rettifica della gola dell'anello interno

- 3) La **rettifica del foro**, dove si asporta materiale all'interno dell'anello per portare alle dimensioni volute il foro; sono previste due macchine in parallelo per questa operazione (Figura 3.4).

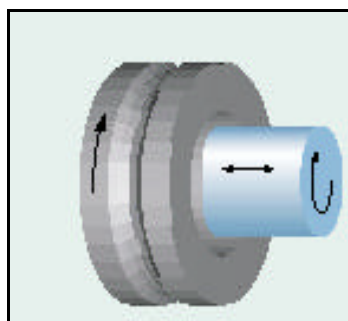


Figura 3.6 - rettifica del foro dell'anello interno

- 4) La lappatura della gola, che esegue la finitura della gola; anche in questo caso sono previste due macchine in parallelo (Figura 3.6).

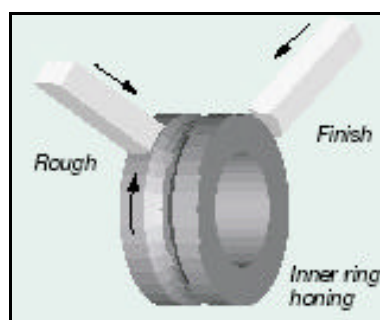


Figura 3.7 - lappatura della gola dell'anello interno

Le operazioni eseguite sul canale nella parte di rettifica dedicata all'anello esterno sono:

1. La rettifica del diametro esterno, dove si asporta materiale nella parte esterna dell'anello; sono previste due macchine in parallelo per tale operazione.
2. La rettifica della gola, che consiste nel portar via materiale all'interno dell'anello; anche in questo caso abbiamo due macchine in parallelo (Figura 2.6).
3. La lappatura della gola, che esegue la finitura della gola; come nel caso della rettifica, ci sono due macchine che eseguono questa operazione (Figura 2.7).

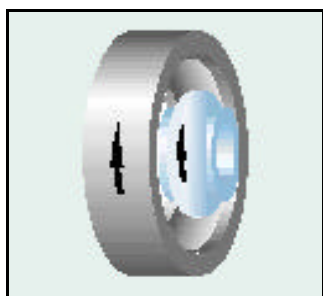


Figura 3.8 - rettifica della gola

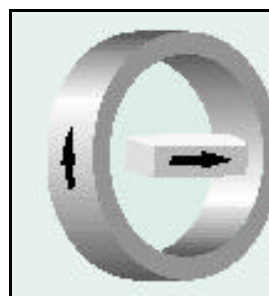


Figura 3.9 - lappatura della gola

Generalmente tutti i tipi di cuscinetto devono subire ciascuna delle lavorazioni elencate, solo in alcuni casi (produzioni sporadiche e in poche quantità), gli anelli arrivano in parte lavorati da altre aziende e possono saltare alcune fasi di rettifica. Per quanto riguarda il montaggio la situazione è un po' diversa, in quanto alcune macchine lavorano solo durante la produzione di alcuni cuscinetti in base alla tipologia specifica.

L'elenco completo delle fasi da eseguire durante il montaggio è il seguente:

1. La selezione verifica il fondo gola dell'anello interno e dell'anello esterno, per indirizzarli nelle canaline corrispondenti alla misura registrata.
2. L'appaiatura, dove un robot articolato accoppia anelli interni con anelli esterni, che combinati insieme abbiano un gioco radiale interno previsto dal disegno. Per gioco radiale interno dei cuscinetti si intende lo spostamento totale possibile di un anello rispetto all'altro in senso radiale.
3. L'inserimento delle sfere all'interno del cuscinetto per deformazioni elastiche degli anelli.
4. Il montaggio della gabbia, che ha la funzione di equispaziare le sfere (Figura 2.8), infatti, la gabbia consente di mantenere opportunamente distanziati i corpi volventi ed impedire qualsiasi contatto fra questi ultimi, al fine di ridurre al minimo l'attrito e quindi la generazione di calore all'interno del cuscinetto.
I cuscinetti Y, lavorati sui canali, sono dotati di gabbie stampate ad iniezione, di poliammide 6,6 rinforzata con fibre di vetro.

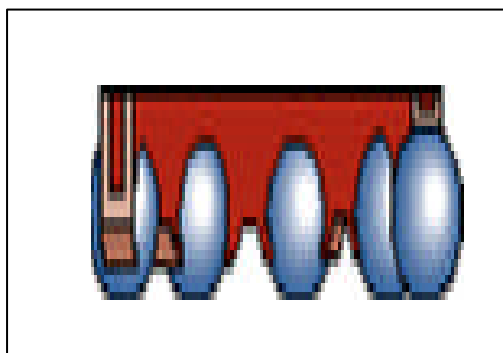


Figura 3.10 - blocco delle sfere con la gabbia

5. I tre controlli che verificano: la scorrevolezza (controlla che non ci siano anomalie nella rotazione degli anelli e delle sfere), il livello vibrazionale (controlla se le operazioni di rettifica e di lappatura sono state eseguite correttamente) e il gioco radiale (controlla se l'operazione di appaiatura ha avuto esito positivo) del cuscinetto.
6. L'ingrassaggio ed il montaggio delle tenute laterali (chiamati comunemente schermi): questa operazione prevede l'introduzione di grasso all'interno del cuscinetto per la sua lubrificazione e l'applicazione, su entrambe le parti del cuscinetto, di due tenute laterali costituite da parte metallica e parte gommosa (Figura 2.9). Questa tipologia di guarnizione consente una protezione efficace contro le impurità di tipo grossolano.

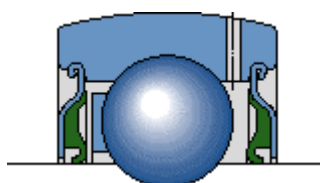


Figura 3.11 - ingrassaggio e montaggio degli schermi

7. Il montaggio dei centrifugatori (chiamati comunemente flinger): ha lo scopo di migliorare considerevolmente l'effetto tenuta, senza aumentare la coppia d'attrito, soprattutto nel caso di tipologie con anello interno sporgente da ambo i lati. I centrifugatori sono di lamierino d'acciaio e sono fissati sull'anello interno, esternamente rispetto alle tenute laterali (Figura 3.11).

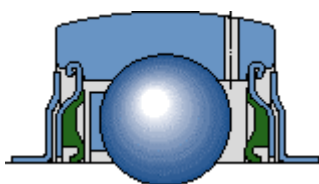


Figura 3.12 - montaggio centrifugatori

8. Il montaggio delle brugole, che sono viti senza testa con cava esagonale, necessarie per l'utilizzo finale del cuscinetto (due viti per cuscinetto).
9. Il controllo dell'effettivo inserimento di brugole e centrifugatori.
10. La pesatura del cuscinetto, che consente un ulteriore controllo della presenza di tutti i componenti.
11. Il controllo visivo eseguito dall'operatore.

Sul canale 35 e 36, come è già stato accennato precedentemente, sono lavorati i cuscinetti Y che potranno essere venduti singolarmente o assemblati ad un corpo di supporto, che ha il foro sferico e può essere di ghisa o di lamiera d'acciaio.

Un Y è un cuscinetto radiale a sfere, munito di guarnizioni di tenuta ad ambo i lati e di un anello esterno con superficie esterna sferica e convessa; l'anello interno può essere esteso da una parte sola o da entrambi i lati rispetto all'anello esterno.

Oltre che essere basate su serie dimensionali differenti, le varie serie di cuscinetti Y si differenziano essenzialmente, per quanto riguarda l'entità di cui sporge l'anello interno e per le modalità di fissaggio sull'albero. A tale proposito le tipologie principali lavorate sui canali 35 e 36 sono:

1. Cuscinetto con collare eccentrico (YET e YEL).
2. Cuscinetto con viti di pressione (YAT e YAR).

La prima categoria di cuscinetti è usata principalmente nelle applicazioni dove la direzione della rotazione è costante. Il collare, da cui è caratterizzato, ha una rientranza che è eccentrica rispetto al foro.

Sull'anello interno del cuscinetto c'è una corrispondente sezione eccentrica. Il collare è trattato superficialmente (zincatura od ossidazione nera) per evitare la corrosione. Per fissare il cuscinetto all'albero è necessario posizionare il collare sull'anello interno e ruotarlo nello stesso senso di rotazione dell'albero, fino a che non si blocca. Infine un'unica vite di pressione, che è un dispositivo che consente l'antisvitamento del cuscinetto, viene serrata con una chiave ad L.

Esistono due differenti standard di cuscinetti appartenenti a questa categoria:

- Lo YET è caratterizzato da un anello interno sporgente da una parte sola (quella dove sarà predisposto il collare), e dall'applicazione sul cuscinetto di due tenute laterali come guarnizione (Figura 3.12).
- Lo YEL ha un anello interno sporgente da entrambe le parti. Per questi cuscinetti è previsto l'inserimento, oltre alle due tenute laterali, di un centrifugatore per entrambi i lati (Figura 3.13).

Entrambe le serie hanno normalmente due fori di lubrificazione ricavati sull'anello esterno.

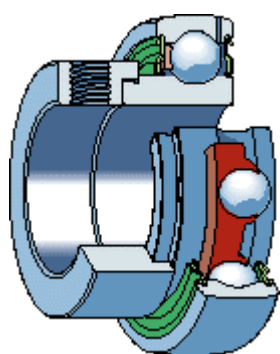


Figura 3.13 - cuscinetto tipo YET

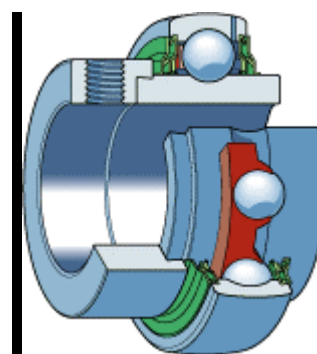


Figura 3.14- cuscinetto tipo YEL

Per quanto riguarda la seconda categoria, i cuscinetti sono fissati all'albero semplicemente serrando le viti che sono alloggiata nella parte sporgente dell'anello interno, usando una chiave ad L.

Questi cuscinetti sono adatti per le applicazioni dove la direzione della rotazione è costante od alternata, esistono due differenti standard di cuscinetti appartenenti a questa categoria :

- Lo YAT, che ha l'anello interno più largo solo dalla parte del dispositivo di fissaggio, è munito di due tenute laterali (Figura 3.14)
- Lo YAR che ha un anello interno sporgente da entrambe le parti. Per questi cuscinetti è previsto l'inserimento, oltre alle due tenute laterali, di un centrifugatore per entrambi i lati (Figura 3.15).

Anche in questa categoria, per entrambe le serie, sono presenti due fori per la lubrificazione ricavati sull'anello esterno.

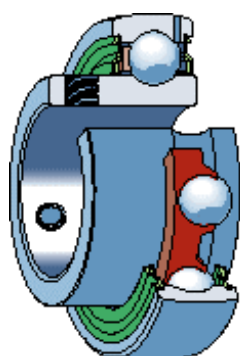


Figura 3.15- Disegno del cuscinetto

YAT

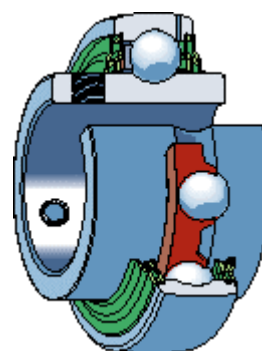


Figura 3.16- Disegno del cuscinetto

YAR

Il flusso sul canale è gestito attraverso numerosi sensori posti lungo i flex e lungo le canaline che si trovano all'ingresso o all'uscita delle macchine; questi sono necessari per rilevare la presenza del pezzo, per l'avvio del ciclo della macchina successiva o per fermare la macchina precedente, ad esempio perché il flex è troppo pieno.

Per capire meglio la logica che sta alla base del flusso produttivo su un canale, sarà descritto brevemente il *Channel Concept*, nel paragrafo successivo.

3.5 Il Channel Concept

Negli anni '80 SKF lanciò il *Poduction Channel Concept*, con lo scopo di cambiare il vecchio modo di produrre di tipo *push* con un sistema di tipo *pull*.

Prima di descrivere il *Channel Concept* è necessario definire singolarmente il significato dei due termini *push* e *pull*.

La logica *push* (o spinta) si basa sulla predisposizione (programmazione) delle attività in anticipo rispetto agli obiettivi prefissati (previsti), nei processi produttivi si tratta quindi, di prevedere le richieste di prodotti finiti (in quantità e tempi) e, da queste, tramite un processo di esplosione della distinta base, anticipare le produzioni/forniture dei codici che li costituiscono, dei loro lead time, in modo che , spingendo gli ordini dai codici più anticipati, siano rispettate le quantità e le date previste per i prodotti finiti.

Perché questo tipo di gestione possa funzionare, è perciò necessario che il tempo di programmazione sia maggiore del lead time di produzione del prodotto finito.

Viceversa, la logica *pull* (o a tiro) si basa sull'avviamento delle attività solo quando richiesto dalla fase a valle.

In particolare nel sistema produttivo è l'ordine del cliente che attiva la richiesta di montaggio del prodotto che, a sua volta, attiva quella di produzione dei semilavorati, e così via, fino al lancio degli ordini ai fornitori.

Perché questo sistema funzioni adeguatamente nelle produzioni diversificate ,occorrono tempi di set-up e lead time molto bassi.

Secondo il *Channel Concept*, ogni canale deve essere gestito, da un gruppo di persone, come una piccola azienda, con una serie di operazioni ben definite, per la produzione di un certo gruppo di prodotti.

Uno dei principi alla base di questa nuova concezione è l'identificazione dell'operazione *bottleneck* del canale ("collo di bottiglia"), ma non solo, con il trascorrere del tempo SKF si rese conto dell'importanza di avere le materie prime ed i componenti disponibili al momento giusto (*just in time*); così iniziò tutto il lavoro per organizzare e coordinare i fornitori in un *Supply Channel*, che andrà ad integrare il *Channel Concept*.

Lo scopo di questo nuovo concetto è l'ottenimento di una maggiore efficienza del flusso nelle aziende. Ogni operazione nel canale deve fornire l'esatta quantità richiesta dall'operazione a valle e soltanto nel momento in cui ne ha bisogno.

L'implementazione del *Channel Concept* si è tradotta nella riduzione dei lead-time, con conseguente incremento della flessibilità e riduzione degli *Work In Process*. Tutto ciò ha portato ad una maggiore qualità ed affidabilità della produzione, al miglioramento del *customer service* e quindi ad una riduzione dei costi.

Prima di identificare i principi chiave del *Channel Concept*, è necessario capire gli obiettivi del canale:

- Sviluppare e garantire la flessibilità necessaria, per produrre, secondo quanto richiesto dal cliente.
- Evadere gli ordini pianificati con la qualità definita, nella quantità pianificata, all'ora voluta ed al costo richiesto; tutto ciò con zero guasti.
- Miglioramento continuo.

Per introdurre il *Channel Concept* è necessario cambiare il modo di pensare, focalizzarsi non più sulle singole aree funzionali (ad esempio l'ottimizzazione della produttività della macchina), bensì sul flusso di pezzi che attraversano l'intero processo produttivo, identificando la produttività della *bottleneck* del canale, come l'indicatore dell'output prodotto.

L'introduzione del *Supply Channel* implica la gestione dell'approvvigionamento di materiali e componenti in modo da fornire la giusta quantità, al momento giusto ed al canale giusto.

Il *Channel Concept* è costruito su 10 principi fondamentali:

1. *Full Production Channels*: si tratta del principio per il quale tutte le macchine usate per la produzione, all'interno di una fabbrica, devono essere allocate ai canali. Qualora ci siano macchine o processi per i quali non è possibile fare ciò, queste sono definite come *Share Operations*. Inoltre per ogni canale dovrà essere identificato un ben preciso processo ed una gamma di prodotti, realizzabili sul canale, precisamente identificata.

2. Pull System: è un sistema in grado di autoregolare il flusso. Affinché ciò sia possibile è necessario introdurre dei buffer che rappresentano dei veri e propri regolatori; questi devono essere installati con due livelli ben definiti, quello di minimo e quello di massimo. L'operatore ha la responsabilità di mantenere il numero di pezzi presenti all'interno di questi due livelli.
3. Le Share Operations non devono mai essere bottleneck.
4. Organizzare la produzione per canali.
5. Mantenere nel canale la sequenza dei pezzi da produrre, come definito dal programma di produzione.
6. La capacità di un canale produttivo deve essere definita come l'output prodotto per ora.
7. Programma giornaliero: ogni giorno la pianificazione della produzione del canale deve essere rivista tenendo presenti tutti i cambiamenti, in termini di previsioni, di ordini, di *lead-time* ecc., che possono verificarsi.
8. Deve esserci un unico responsabile per tutta la catena logistica, che va dal fornitore fino al cliente finale.
9. Supply Channels, già citata precedentemente.
10. SKF Supplier Delivery Concept: si tratta di un sistema che supporta l'approvvigionamento, o *Supply Channels*, come ad esempio la stesura delle procedure ecc.

3.6 Sistema pull-push

Il sistema che gestisce il flusso degli anelli nel canale è un *pull-push system*.

Nel contesto specificato il sistema è costituito da un insieme di elementi hardware chiamati sensori, che opportunamente collegati ai flex ed alle canaline in ingresso ed in uscita delle macchine, possono essere responsabili di diversi eventi, in particolare:

- sensore di avvio ciclo; si tratta dello strumento che una volta sollecitato consente l'inizio della lavorazione del pezzo in ingresso alla macchina. Questi sensori possono servire anche per far partire il movimento di un flex.
- sensore di fermo ciclo; in questo caso serve per fermare la macchina precedente in quanto, se sollecitato, significa che c'è una coda consistente in uscita dalla macchina.

La seconda tipologia di sensori sarà sempre posizionata sul flex prima del sensore di avvio ciclo (riferendosi alla direzione del flusso produttivo).

Il posizionamento del sensore di avvio ciclo non esattamente all'ingresso del macchinario, fa sì che la macchina lavori solo se c'è una certa quantità di anelli in entrata (stesso ragionamento vale per la partenza del flex).

E' per questo motivo che in parte il nostro flusso può essere considerato *push*, in quanto "spinto" dalla quantità di pezzi prodotti a monte.

Ci sarà sempre un buffer, più o meno grande, in ingresso alla macchina che si svuoterà solo alla fine della produzione di quel cuscinetto.

Negli ultimi anni l'azienda ha cercato sempre di più di avvicinarsi ad un sistema *pull* soprattutto per quanto riguarda la gestione del flusso, ma probabilmente non sarà possibile arrivare ad un puro *pull system* (difficilmente realizzabile nella realtà). Tuttavia, attraverso l'automatizzazione dei trasferimenti all'interno del canale e l'utilizzo dei sensori, è stato realizzato un sistema trainato dal fondo, dove i cuscinetti proseguono la loro corsa solo se la macchina a valle è in grado di assorbirli.