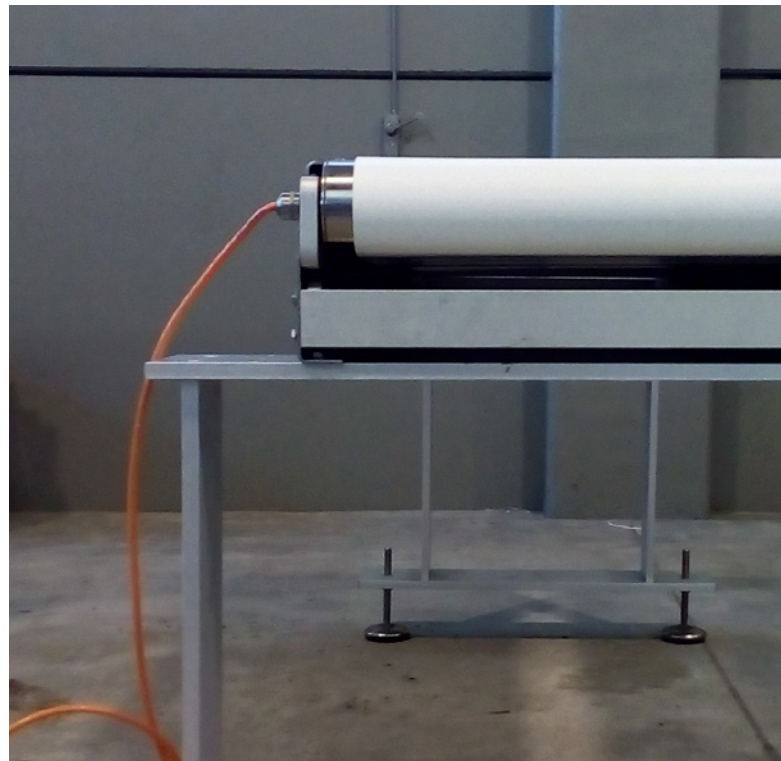
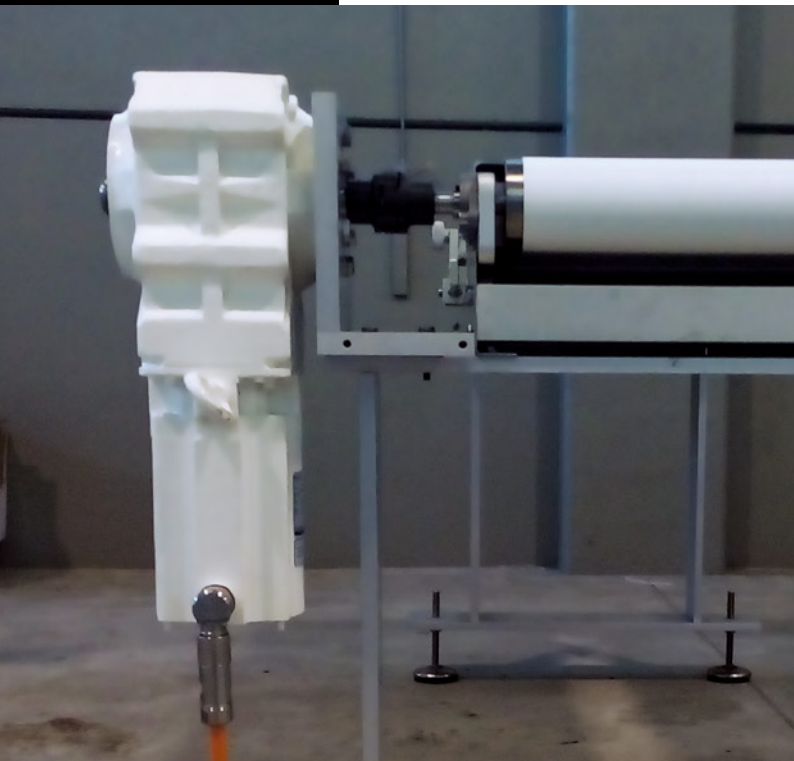


Mototamburi e motoriduttori come azionamenti per nastri trasportatori nell'industria alimentare. Sistemi a confronto.

SINTESI



I sistemi a nastro trasportatore utilizzati nella produzione e confezionamento degli alimenti sono tradizionalmente equipaggiati con motoriduttori esterni come sistema di azionamento. I mototamburi sono diventati progressivamente più noti come tecnologia alternativa di azionamento nastro, grazie agli evidenti vantaggi che offrono in termini di spazio di installazione, accessibilità al nastro da parte degli operatori e resistenza ai lavaggi.

Per supportare l'industria alimentare nella scelta della tecnologia di azionamento più adatta nelle varie applicazioni e aree produttive, è necessario redigere uno studio comparativo imparziale e obiettivo. Lo scopo di questo studio è quello di sviluppare e pubblicare una ricerca basata su un confronto olistico tra le due diverse tecnologie secondo i criteri più rilevanti in relazione all'uso nell'industria alimentare, partendo dall'igiene, passando per l'installazione e la manutenzione, l'efficienza energetica, i livelli di emissione sonora e giungendo, infine, alle temperature di esercizio e agli ingombri.

Questa ricerca evidenzia forze e debolezze e svela nuove opportunità di sviluppo per entrambe le tecnologie. Ci si attende nell'immediato futuro, un ulteriore sforzo di innovazione necessario a soddisfare le esigenze specifiche del settore alimentare, anche nelle applicazioni più complesse ed esigenti. In conclusione è possibile affermare che, secondo un'analisi critica dei risultati ottenuti, i mototamburi sono da considerarsi una tecnologia particolarmente interessante per i nastri trasportatori impiegati nell'industria alimentare.

1. Introduzione/scopo	3
2. Installazioni standard di motoriduttori e mototamburi in nastri trasportatori	4
3. Descrizione dei case study e criteri di valutazione	6
4. Valutazione comparativa: Criterio dell'igienicità	7
4.1. Case study 1: Area non-alimentare	7
4.2. Case study 2: Area alimentare	8
4.3. Case study 3: Area alimentare sottoposta a lavaggi ("wash-down")	10
5. Valutazione comparativa: Panoramica complessiva dei rimanenti criteri di valutazione	13
6. Conclusioni	14
7. Autori	17
8. Bibliografia	18
Appendice 1: Descrizione dei criteri di valutazione	19
Appendice 2: Panoramica dei risultati per i rimanenti criteri	21

1. Introduzione e scopo

I nastri trasportatori rappresentano i sistemi di movimentazione tra i più diffusi al mondo. Un nastro trasportatore è composto da due o più pulegge (o tamburi o rulli) e un anello di un mezzo portante (il nastro) che ruota attorno ad esse a ciclo continuo. Normalmente una puleggia è azionata e permette l'avanzare del nastro e del materiale collocato sopra di esso. La puleggia azionata viene chiamata puleggia motrice, mentre quella non motorizzata viene chiamata puleggia folle. Esistono due tipi di nastri trasportatori industriali: quelli che trasportano all'interno della fabbrica materiali di carattere generico come contenitori e prodotti confezionati, e quelli che invece si occupano della movimentazione di grandi volumi di materiali sfusi come, ad esempio, grano, sale, carbone, minerali, sabbia, scarti e molto altro.

I nastri trasportatori vengono anche ampiamente impiegati nel settore alimentare. Questi possono trasportare cibi crudi, ingredienti, prodotti finiti, derivati, scarti, contenitori vari, prodotti alimentari confezionati, ecc. Il possibile impatto di questo sistema di movimentazione sulla qualità e la sicurezza del prodotto alimentare può variare drasticamente in base ai seguenti fattori:

- Materiale movimentato dal nastro
- Area di installazione del nastro all'interno dello stabilimento alimentare
- Eventuale zonizzazione e compartimentazione adottata nello stabilimento

In ogni caso, la progettazione e l'installazione del nastro trasportatore svolgono un ruolo fondamentale e devono essere conformi alle regolamentazioni esistenti in materia alimentare.

Nell'Unione Europea esistono norme specifiche che dettano i requisiti igienici necessari per le attrezzature utilizzate in campo alimentare: Il Regolamento (CE) n. 852/2004, la Direttiva 2006/42/CE oltre a norme e direttive specifiche per i materiali a contatto con gli alimenti. Inoltre, il Comitato Europeo di Normalizzazione (CEN) e l'Organizzazione Internazionale di Standardizzazione (ISO) hanno sviluppato le cosiddette norme armonizzate EN 1672-2 e ISO 14159, che dettagliano i requisiti igienici da rispettare per

risultare conformi ai regolamenti europei. Oltre alle normative europee, alcuni enti privati, come lo European Hygienic Engineering and Design Group (EHEDG), hanno sviluppato una libreria di linee guida pratiche di progettazione, procedure per la certificazione e percorsi formativi dedicati.

La conformità ai requisiti igienici e le regole in fatto di sicurezza sul lavoro sono prerequisiti fondamentali per tutte le apparecchiature utilizzate nell'industria alimentare. Tuttavia, per scegliere la strumentazione più adatta, è necessario tenere conto di vari fattori. Nello specifico, in materia di nastri trasportatori, devono essere considerati, come minimo, i seguenti fattori:

- **Igiene**
- **Aspetti legati a manutenzione e installazione**
- **Efficienza energetica**
- **Livello di emissione sonora**
- **Spazio di installazione**
- **Surriscaldamento del sistema di trasmissione**

Attualmente, sono disponibili sul mercato due diverse tecnologie di azionamento dedicate ai nastri trasportatori: i motoriduttori e i mototamburi, entrambi in grado di offrire vantaggi e svantaggi per gli utilizzatori e punti di forza e di debolezza a seconda delle applicazioni. Lo scopo di questo studio è quello di confrontare motoriduttori e mototamburi nelle più comuni applicazioni del settore alimentare, utilizzando i fattori sopra menzionati come criteri di valutazione.

Vengono esaminati tre diversi casi d'uso:

- Un nastro trasportatore utilizzato in un'area non alimentare all'interno di uno stabilimento alimentare
- Un nastro trasportatore utilizzato in un'area alimentare all'interno di uno stabilimento alimentare, per il quale è prevista la pulizia a secco o manuale
- Un nastro trasportatore utilizzato in un'area alimentare all'interno di uno stabilimento alimentare, per il quale è previsto il lavaggio ("wash-down")

2. Installazioni standard di motoriduttori e mototamburi in nastri trasportatori

Installazioni standard motoriduttori

Il motoriduttore è composto da due componenti principali: il motore e il riduttore. La coppia viene trasmessa al motore (o tamburo o puleggia) attraverso un albero in diversi modi a seconda del tipo di installazione. Seguono le installazioni standard più comuni:

1. Il motoriduttore è posizionato su un lato del nastro trasportatore. L'albero cavo del motoriduttore è direttamente collegato all'albero del rullo e il motoriduttore è esclusivamente supportato dai cuscinetti dell'albero. Normalmente, al fine di fissare il motore alla struttura del nastro trasportatore ed evitare rotazioni, è necessario l'utilizzo di una staffa antirotazione.

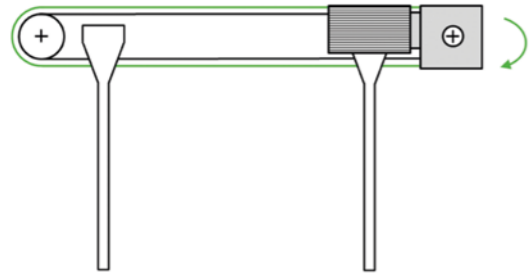


Immagine 1: Installazione comune di un motoriduttore



Immagine 2: Staffa antirotazione

2. Il motoriduttore è posizionato su un lato del nastro trasportatore ed è sostenuto da un supporto dedicato (spalla) in cui è fissato (diverse soluzioni progettuali sono possibili).

Un giunto può essere utilizzato per agevolare lo smontaggio e la manutenzione, inoltre, è necessario un carter di protezione per la sicurezza dei lavoratori.

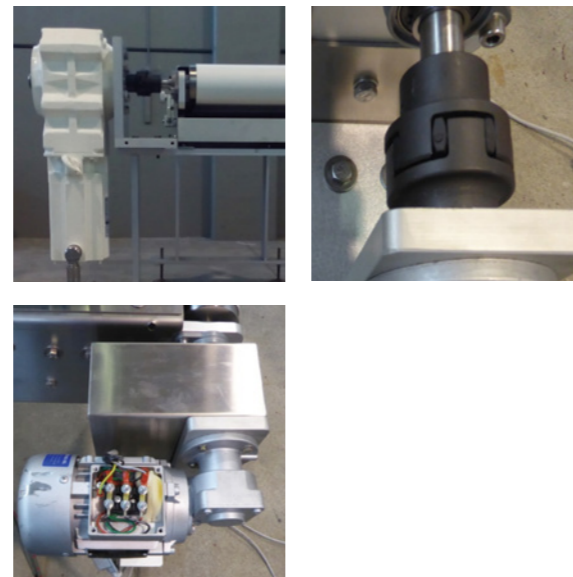


Immagine 3: Installazione di un motoriduttore con giunto

3. Il motoriduttore si trova sotto il nastro ed è connesso all'albero del rullo da una catena o una cinghia di trasmissione.

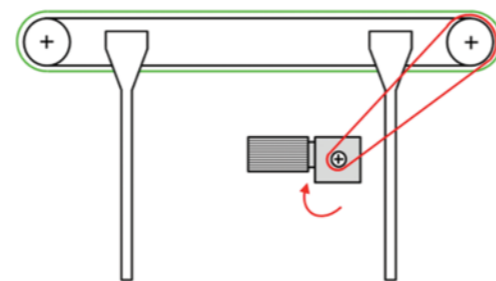


Immagine 4: Installazione comune con un motoriduttore sotto il nastro

4. Il motoriduttore non è visibile perché è all'interno di un carter. In alcuni casi, la protezione costituisce anche il telaio di sostegno e l'albero è installato a sbalzo.

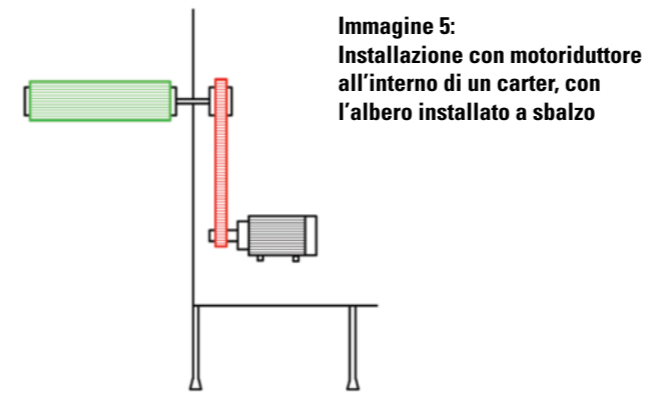


Immagine 5: Installazione con motoriduttore all'interno di un carter, con l'albero installato a sbalzo

Quando il motoriduttore è installato su un lato del nastro trasportatore, esistono tre installazioni principali possibili:

1. Verticale con riduttore sotto il motore
2. Verticale con motore sotto il riduttore
3. Orizzontale

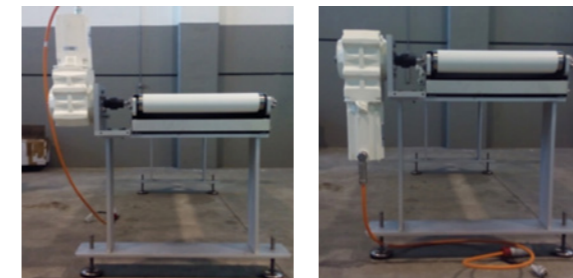


Immagine 6: Installazioni comuni di motoriduttori

Installazioni standard mototamburi

I mototamburi vengono più frequentemente installati in una delle due estremità del nastro trasportatore.

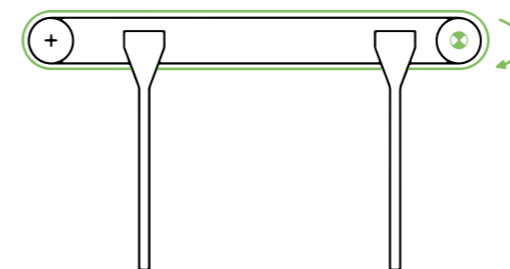


Immagine 7: Installazione comune di un mototamburo

Ad ogni modo, quando piccoli rulli sono richiesti in entrambe le estremità dei nastri trasportatori, il mototamburo può essere installato sotto il nastro trasportatore.

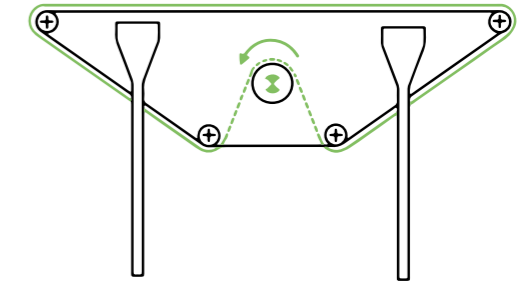


Immagine 8: Installazione di un mototamburo sotto il nastro

I mototamburi vengono frequentemente installati in posizione orizzontale. Tuttavia sono possibili installazioni di tipo inclinato: in questi casi, può essere necessaria una maggiore quantità di lubrificante all'interno del tamburo e, al fine di assicurare una corretta lubrificazione in questa posizione, si consigliano cuscinetti lubrificati chiusi. Diversi design di supporto sono utilizzati per installare il mototamburo sul telaio del nastro trasportatore.

Alcuni di questi sono disponibili sul mercato, tuttavia, solitamente i supporti vengono direttamente costruiti all'interno del telaio del nastro.

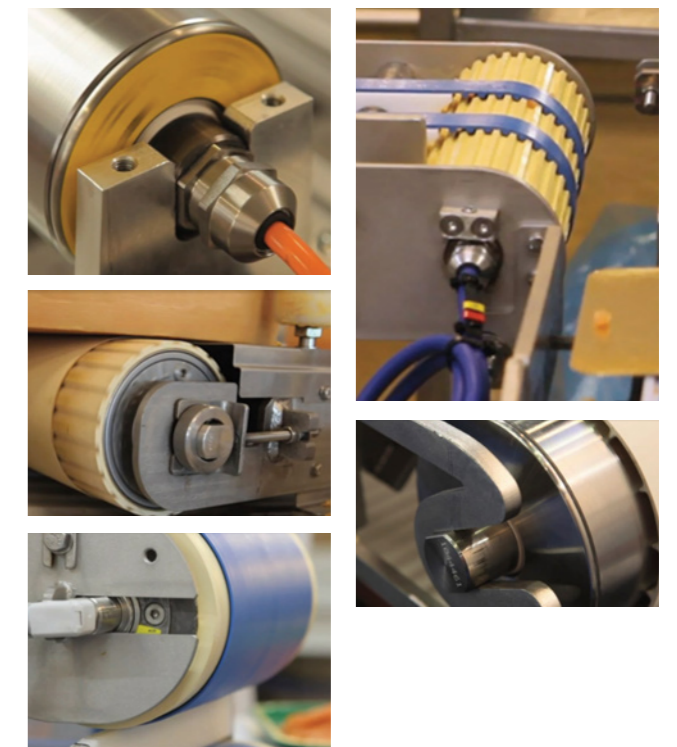


Immagine 9: Diverse installazioni di mototamburi

3. Descrizione di case study e criteri di valutazione

1. Case study 1: Area non-alimentare

Il primo caso è rappresentativo di diverse applicazioni esistenti nell'industria alimentare nelle quali si sottintende che il prodotto alimentare non è esposto all'ambiente circostante. Ciò si verifica quando, per esempio, il prodotto alimentare è protetto da un imballaggio sigillato o quando è interamente confinato all'interno di un macchinario chiuso. Al fine di ridurre qualsiasi rischio di contaminazione incrociata derivante dal contatto tra area alimentare e non alimentare, si consiglia una adeguata zonizzazione.

Per questo caso di studio sono state selezionate le seguenti attrezzature:

1. Motoriduttore: RGM Ruhrgetriebe SN 5 FR
2. Mototamburo: Interroll Drum Motor 80i

2. Case study 2: Area alimentare

Il secondo case study è rappresentativo di diverse applicazioni nelle quali il cibo è esposto all'ambiente circostante e l'apparecchiatura viene potenzialmente sottoposta a operazioni di pulizia a secco o manuale. In questo case study, gli impianti non devono essere lavati con acqua e in particolare il lavaggio a pressione non è permesso. Un eventuale parziale smontaggio è utilizzato per migliorare l'accessibilità per la pulizia di specifici componenti.

Per questo case study si selezionano le seguenti attrezzature:

1. Motoriduttore: Nord Drivesystems 93172.1 A – 80 LH/4HMTF
2. Mototamburo: Interroll Drum Motor 113i con tenute igieniche

3. Case study 3: Area alimentare sottoposta a lavaggi

Il terzo case study è rappresentativo di diverse applicazioni nelle quali alimenti microbiologicamente sensibili sono esposti all'ambiente circostante e l'apparecchiatura viene sottoposta a lavaggio con acqua e soluzione chimica tramite, per esempio, lavaggio a pressione, con schiuma o gel. In questo case study, l'attrezzatura deve essere il più possibile pulibile in-place e deve inoltre essere resistente alle normali condizioni di lavaggio. Lo smontaggio in fase di pulizia è ridotto al minimo.

Per questo caso di studio sono state selezionate le seguenti attrezzature:

1. Motoriduttore: Bauer AsepticDrive™ DA08LB4-TF
2. Mototamburo: Interroll Drum Motor 80D

Le attrezzature sono state selezionate secondo i seguenti criteri:

- **Attrezzatura corrispondente allo stato dell'arte**
- **Comparabile applicabilità al caso d'uso**
- **Coppia di uscita comparabile**
- **Potenza comparabile**
- **Velocità del nastro comparabile**

Le attrezzature sono state scelte per quanto possibile in base allo stato dell'arte. In relazione all'applicabilità al caso d'uso, è opportuno sottolineare che, frequentemente, nel mercato reale, apparecchiature di pari qualità a quelle selezionate per il primo case study (area non alimentare) sono ugualmente utilizzate nelle aree alimentari, con possibili malfunzionamenti anche gravi a seconda dell'installazione.

CRITERI DI VALUTAZIONE

Lo scopo di questo studio è quello di confrontare due diverse tecnologie di azionamento, applicate ai nastri trasportatori, nell'industria alimentare.

Il requisito primario fondamentale per l'industria alimentare è l'igiene. Per questo motivo, l'obiettivo principale di questo studio è quello di valutare entrambe le tecnologie in base ai requisiti igienici.

Per un paragone più completo, sono stati tenuti in considerazione anche altri criteri di valutazione a sostegno di un approccio olistico.

Lo studio comparativo si è svolto in base ai seguenti sei criteri*:

1. **Installazione e Manutenzione**
2. **Igiene**
3. **Spazio per l'installazione**
4. **Consumo energetico**
5. **Surriscaldamento**
6. **Livello di emissione sonora**

* Consultare l'Appendice 1 per una descrizione dettagliata dei singoli criteri di valutazione.

4. Valutazione comparativa: Igiene

4.1 Case study 1: Area non-alimentare

In questo case study, lo studio comparativo si è svolto secondo i seguenti criteri:

- a. accumulo residui
- b. accessibilità per ispezione e pulizia manuale
- c. altri possibili fattori di contaminazione incrociata
- d. perdita lubrificante e contaminazione contenitore

4.1.2.a – Accumulo residui

Anche in un'area non alimentare, è necessario ricordare che il sistema si trova all'interno di uno stabilimento alimentare. L'accumulo di residui può rappresentare una fonte di contaminazione incrociata sviluppabile per via aerea, tramite flussi di materiali o del personale. Inoltre, i residui legati ai prodotti alimentari non removibili dal sistema come, ad esempio, dovuti ad imballaggi rotti, possono attrarre infestanti, altra possibile causa di contaminazione incrociata. A fronte di ciò, la possibilità che motoriduttori e mototamburi accumulino e trattengano residui e sporcizia è anch'essa oggetto di discussione. Quando viene utilizzato un motoriduttore, il sistema di azionamento include di base non solo lo stesso motoriduttore, ma anche un albero, cuscinetti e un telaio di supporto dell'intera struttura o, quanto meno, un dispositivo di antirotazione. A seconda del tipo di installazione, possono essere inoltre inclusi giunti, cinghie di trasmissione e protezioni. Quando si opta per un mototamburo, l'intero sistema di azionamento è incorporato in un rullo e questo comporta, quindi, minori opportunità di accumulo residui.

Vista l'impossibilità di analizzare ogni possibile diversa configurazione esistente, si suppone che il motoriduttore sia privo di protezione, prassi comune nelle aree non alimentari come le installazioni di fine linea. Come mostrato nel capitolo 2, esistono diverse soluzioni progettuali che prevedono il montaggio del motoriduttore a lato del nastro trasportatore. Per questo motivo, data l'oggettiva impossibilità nel valutare l'assetto generale del telaio del nastro, questo aspetto non viene incluso come parte dell'analisi. Ciononostante, è comunque possibile affermare che ogni parte del nastro trasportatore coinvolta nel fissaggio del motoriduttore all'albero del rullo, se non correttamente progettata, rappresenta una potenziale fonte di accumulo di residui. Lo stesso motoriduttore comprende diverse parti possibilmente responsabili di un potenziale macroscopico accumulo di residui: tra le

alette di raffreddamento del motore, sulle superfici orizzontali della morsettiera, nelle sottili fenditure presenti tra il motore e il riduttore, all'interno della presa d'aria della ventola. Diversamente, il mototamburo non ha parti che permettono un significativo accumulo di residui rispetto ad un rullo, fatta eccezione per le tenute a labirinto e le viti esagonali incassate. Modeste, ma non eliminabili, quantità di residui restano intrappolate, rendendo queste soluzioni inadatte ad installazioni igieniche, ma accettabili in un'area non alimentare.

4.1.2.b – Accessibilità per pulizia manuale

Nel caso del motoriduttore, diverse aree esposte non sono facilmente raggiungibili per l'ispezione e la pulizia manuale. La presa d'aria della ventola è in grado di accumulare una significativa quantità di polvere e può essere parzialmente pulita con un'operazione di smontaggio. Alcuni spazi che favoriscono l'accumulo di sporco quali, ad esempio, le alette di raffreddamento, soprattutto nell'area sottostante la morsettiera, risultano difficoltosi da ispezionare e pulire. A seconda del tipo di installazione, possono crearsi altri spazi di difficile accesso per la pulizia manuale (ad es. tra il motoriduttore e il telaio del nastro). Quando si utilizza un mototamburo invece, l'intero sistema di azionamento è incorporato nel rullo e questo comporta l'eliminazione dei problemi sopra menzionati. Anche in questo caso, zone poco accessibili possono formarsi tra il mototamburo e il telaio a causa di una cattiva installazione.

4.1.2.c – Altri possibili fattori di contaminazione incrociata

Quando si utilizza un motoriduttore, la ventola impiegata per il raffreddamento motore può diffondere la contaminazione presente in un'area di accumulo per via aerea. Il problema non sussiste in caso di mototamburo o di motoriduttore senza ventola di raffreddamento.

4.1.2.d – Contaminazione con lubrificanti

Al di là delle possibili conseguenze inerenti la sicurezza alimentare, la contaminazione con i lubrificanti dei prodotti confezionati deve essere evitata. In caso di motoriduttore, le due parti lubrificate sono: il motoriduttore stesso e i cuscinetti del rullo. Nel motoriduttore, alcune tenute statiche e dinamiche prevengono possibili perdite di olio. I punti di tenuta statica (ad es. tra il motoriduttore e il motore) sono di frequente sigillati con adesivi noti come "motor-seal". I punti di tenuta dinamica sono solitamente sigillati con "anelli di tenuta

radiali". Il malfunzionamento di questi sistemi è principalmente causato da surriscaldamento o mancata manutenzione.



Immagine 10: "Guarnizione tenuta motore" tra motoriduttore e motore

I cuscinetti utilizzati nell'industria alimentare sono principalmente schermati o sigillati. I cuscinetti sigillati su entrambi i lati, meglio noti come ZRS, non necessitano di ulteriore ingrassaggio. Essi sono infatti lubrificati a vita. Anche i mototamburi sono sigillati con anelli di tenuta radiale. Il surriscaldamento e la mancata manutenzione possono portare a perdite di lubrificante.

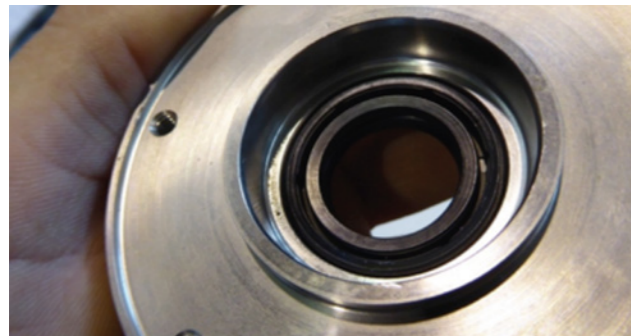


Immagine 11: Lato interno anello di tenuta radiale

Nel caso del motoriduttore, per ridurre il rischio di contaminazione del nastro in caso di perdita di lubrificante, la progettazione può prevedere il posizionamento del motoriduttore a un'altezza inferiore. Nel caso di un mototamburo, invece, la cattiva tenuta dell'anello di tenuta radiale porta alla contaminazione del nastro con il lubrificante. Per ridurre tale rischio è quindi necessario attuare un'adeguata validazione e manutenzione.

4.2 Case study 2: Area alimentare

In questo case study, lo studio comparativo si è svolto secondo i seguenti criteri:

- Accumulo residui
- Accessibilità per ispezione e pulizia manuale

- Pulibilità
- Perdita lubrificante e contaminazione alimentare
- Possibile fonte di corpi estranei
- Idoneità al contatto con alimenti

4.2.2.a – Accumulo residui

MOTORIDUTTORE

Il motore scelto per questo case study, se installato nella più comune posizione orizzontale, è progettato per prevenire l'accumulo di residui. Le superfici orizzontali sono ridotte al minimo, tuttavia alcune aree, come ad esempio le viti utilizzate per la sostituzione del lubrificante, possono trattenere modeste quantità di residui o liquidi. Sempre come stabilito al punto 4.1.2.a, non è possibile considerare il telaio nella valutazione, data la variabilità delle possibili soluzioni progettuali.

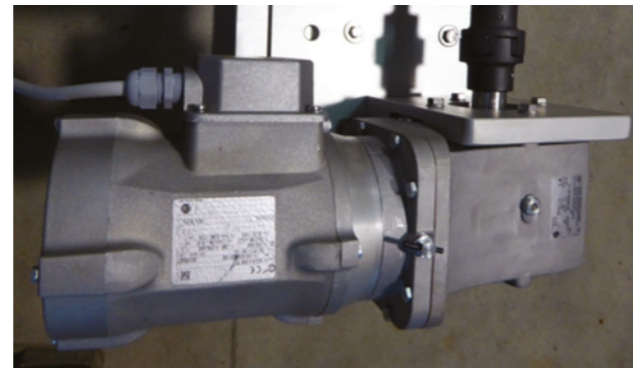


Immagine 12: Motoriduttore selezionato per il case study

MOTOTAMBURO

Come mostrato al punto 4.1.2.a, il mototamburo comporta una considerevole riduzione nel numero dei componenti di sistema in quanto tutte le attrezzature necessarie all'azionamento del nastro sono comprese nel rullo. Tale scelta riduce pertanto la quantità di residui possibilmente accumulabili sulla superficie o all'interno del sistema stesso. Il mototamburo scelto per questo caso d'uso, ove installato nella comune posizione orizzontale, non presenta superfici orizzontali. Inoltre, è progettato per evitare l'accumulo di residui o liquidi. In caso di installazioni inclinate, verificare il corretto drenaggio.

4.2.2.b – Accessibilità per ispezione e pulizia manuale

MOTORIDUTTORE

In questo caso d'uso, il motoriduttore è progettato per ridurre al minimo aree anguste e irraggiungibili. La ventola e le alette di raffreddamento non vengono utilizzate, portando notevoli benefici in termini

di accessibilità per la pulizia. L'area più critica si sviluppa nell'area di connessione tra il motore e il telaio del nastro. Diverse installazioni sono possibili (rif. capitolo 2); ad ogni modo, deve essere garantito uno spazio sufficiente per l'ispezione nell'area della tenuta radiale sul lato del nastro.

MOTOTAMBURO

In questo caso d'uso, il mototamburo è progettato per ridurre al minimo aree anguste e irraggiungibili. Solo le viti incassate utilizzate per la sostituzione del lubrificante risultano difficili da pulire, a seconda dell'installazione. Diverse installazioni sono possibili (rif. capitolo 2); ad ogni modo, deve essere garantito uno spazio sufficiente per l'ispezione e la pulizia della tenuta igienica e delle viti.

4.2.2.c – Pulibilità

Prendendo in considerazione un sistema progettato per la pulizia manuale o a secco, sono necessari i seguenti requisiti, in aggiunta a quelli già menzionati al punto 4.2.2b:

- Superfici igieniche lisce e prive di difetti che potrebbero dare luogo ad accumulo di residui o proteggere microrganismi.
- Angoli interni con un raggio di raccordo che permetta una completa pulizia.

MOTORIDUTTORE

Il motoriduttore selezionato presenta una superficie relativamente rugosa. È particolarmente visibile sulla superficie motore, mentre le altre aree possiedono una migliore finitura.

I valori medi di rugosità Ra sono 20,5 µm sulla superficie motore e 9,9 µm sulla superficie del riduttore. Esistono diversi angoli interni sulla superficie, essi hanno solitamente valori di raggi di raccordo derivanti da fusione. Tuttavia, questi presentano generalmente valori inferiori rispetto a quelli richiesti dalle linee guida EHEDG (3 mm come valore minimo). Tuttavia si riporta che sul mercato sono disponibili prodotti simili aventi superfici esterne di migliore qualità in termini igienici.

MOTOTAMBURO

Le superfici del mototamburo in acciaio inossidabile possiedono una finitura relativamente buona che si mostra più liscia sul mantello e più rugosa sulle flange. I valori medi di rugosità Ra sono 3,7 µm sulla superficie della flangia e 1,2 µm sulla superficie del mantello. Il mototamburo presenta pochi angoli interni con valori dei raggi di raccordo inferiori rispetto a quelli minimi richiesti dalle linee guida EHEDG (3 mm come minimo).

4.2.2.d Contaminazione del prodotto con lubrificanti

I motori costituiscono una delle principali fonti di potenziale contaminazione chimica presenti nell'industria alimentare. Ogniquale volta non sia possibile prevenire completamente il contatto con il prodotto alimentare, è richiesto l'utilizzo di lubrificanti idonei al contatto accidentale. Ad ogni modo, è opportuno sottolineare che le sostanze utilizzate per produrre tali lubrificanti sono generalmente non edibili e la loro presenza all'interno degli alimenti è tollerata solo in casi accidentali e in concentrazioni estremamente basse (fino a 10 ppm). Pertanto, la progettazione deve minimizzare il rischio di contatto tra lubrificanti e alimenti.

In linea generale, il motoriduttore può essere teoricamente installato a una discreta distanza dall'alimento o essere racchiuso in protezioni appositamente progettate, oppure possibili perdite possono essere drenate lontano dal prodotto grazie a forme specificatamente create. Il mototamburo, invece, è posizionato necessariamente più vicino al nastro, perciò, al prodotto. È importante notare però che, in caso di utilizzo di mototamburi, le operazioni di manutenzione di cambio olio non vengono eseguite in loco ma in officine adibite, riducendo pertanto il rischio di contaminazione accidentale dovuta a cattive prassi. Un ulteriore punto sul quale è bene soffermarsi riguarda il fatto che, con i mototamburi, si elimina la vicinanza al prodotto di altri componenti lubrificati quali, ad esempio, i cuscinetti. In ogni caso, il rischio di contaminazione con i lubrificanti associati al motoriduttore dipende prevalentemente dall'installazione. In quanto oggettivamente impossibile analizzare tutte le varie progettazioni esistenti, la valutazione è limitata alle singole attrezzature.

MOTORIDUTTORE

Nel motoriduttore utilizzato in questo case study, la giunzione tra il motore e il riduttore è sigillata con una guarnizione piana. Altri motoriduttori possono essere sigillati utilizzando sigillanti tipo "motor-seal". In questo caso, un montaggio appropriato previene possibili perdite. Oltre alle superfici di giunzione, le aree critiche soggette alla possibile perdita di lubrificante sono quelle riguardanti gli anelli di tenuta radiale. In caso di installazione a contatto con il prodotto o al di sopra di esso, oppure con superfici a contatto con il prodotto o materiale di confezionamento, la capacità e l'affidabilità di tenuta dell'anello radiale dovrà essere validata nella peggiore caso prevedibile, tenendo in considerazione fattori quali: proprietà del lubrificante, temperatura, pressione interna, usura della guarnizione e condizioni operative e di pulizia.

La progettazione dovrà permettere una facile ispezione e l'identificazione rapida di perdite accidentali.

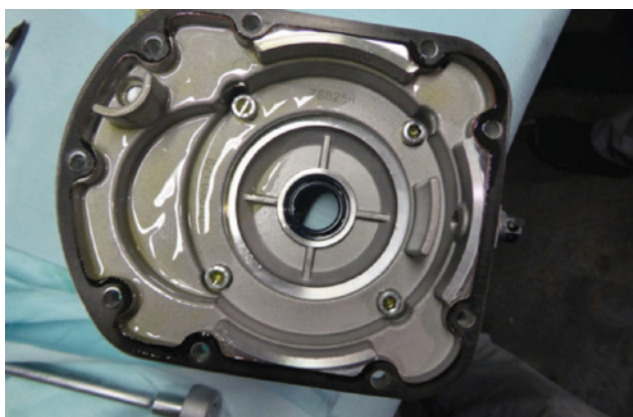


Immagine 13: Il motore è sigillato alla scatola ingranaggi con una guarnizione piana compressa

MOTOTAMBURO

Nel mototamburo utilizzato per questo case study esistono cinque punti di tenuta con relativa possibile perdita di lubrificante: tre statici e due dinamici. I punti di tenuta dinamica rappresentano le aree più critiche. Considerando che il mototamburo viene installato sistematicamente più vicino al prodotto, la capacità e l'affidabilità delle tenute dovrà essere convalidata nella peggiore caso prevedibile, in considerazione di fattori quali: proprietà del lubrificante, temperatura, pressione interna, usura della guarnizione e condizioni operative e di pulizia. La progettazione dovrà inoltre permettere una facile ispezione e l'identificazione rapida di perdite accidentali. Per ridurre tale rischio è in tutti i casi necessario attuare una adeguata manutenzione.

4.2.2.e – Possibile fonte di corpi estranei

Sia il motoriduttore che il mototamburo non sono da considerarsi come come significative potenziali fonti di corpi estranei per il prodotto. Le superfici esterne dei motoriduttori includono dadi e viti che possono essere svitati in caso di vibrazioni. In tutti i casi, una corretta installazione previene la contaminazione del prodotto alimentare con corpi estranei.

4.2.2.f – Idoneità al contatto con alimenti

I motoriduttori non sono generalmente progettati per il contatto con il cibo. Qualora il motore venisse installato in posizione a contatto con il prodotto, le sue superfici esterne dovranno essere costruite con materiali idonei a tale contatto. Dall'altro lato, i mototamburi utilizzati nella classica installazione sono di norma a contatto con il prodotto. Il mototamburo scelto per questo case study possiede superfici esterne completamente costruite con materiali idonei al contatto con il prodotto alimentare.

È opportuno sottolineare che, nel caso di un motoriduttore, sebbene esso stesso non venga a contatto con il prodotto, è proba-

bile che ciò accada con altri componenti indispensabili quali, ad esempio, i cuscinetti. Tali componenti non sono generalmente costruiti con materiali idonei al contatto con il cibo.

4.3 Case study 3: Area alimentare sottoposta a lavaggi (“Wash-down”)

Secondo quanto stabilito dalla Direttiva Macchine UE (2006/42/CE) le attrezzature impiegate in campo alimentare devono:

- Essere costruite con materiali idonei
- Essere di facile pulizia
- Essere perfettamente drenabili
- Evitare l'accumulo di residui
- Evitare la contaminazione con lubrificanti

È inoltre opportuno sottolineare che, in un'area alimentare, ogni attrezzatura può essere una potenziale fonte di rischi di natura fisica quali, ad esempio, corpi estranei nei prodotti. L'attrezzatura presente all'interno di un'area alimentare dovrà essere progettata per evitare tale rischio. Suddetto requisito, sebbene non richiesto in maniera esplicita dalla Normativa Europea, è incluso nel Code of Federal Regulations (21 CFR Part 110) statunitense. In caso di impianto con lavaggio in loco, per assicurare una facile pulizia devono essere soddisfatti specifici requisiti quali, ad esempio, i criteri per collegamenti smontabili con guarnizioni elastomeriche, come indicato nelle più importanti normative internazionali (linee guida EHEDG, Norme Armonizzate Europee, Sanitary Standards 3-A, Standard NSF).

In questo case study, lo studio comparativo si è svolto secondo i seguenti criteri:

- a. Pulibilità in loco (lavabilità)
- b. Drenabilità
- c. Contaminazione alimentare con lubrificanti
- d. Possibili fonti di corpi estranei nel prodotto alimentare
- e. Idoneità al contatto con alimenti

4.3.2.a – Pulibilità in loco (lavabilità)

Come mostrato al punto 4.1.2.a, il mototamburo comporta una considerevole riduzione nel numero dei componenti di sistema, in quanto tutte le attrezzature necessarie all'azionamento del nastro sono comprese nel rullo. Tale scelta riduce pertanto le possibilità di accumulo sulla superficie o all'interno del sistema stesso.

Questo è senza dubbio un significativo vantaggio dal punto di vista igienico. L'installazione influenza significativamente la reale

igienicità del sistema, tuttavia, date le possibili varianti progettuali esistenti, il confronto è limitato alle singole attrezzature di per se stesse, senza considerare l'installazione. È tuttavia opportuno sottolineare che il motoriduttore può essere teoricamente installato a una certa distanza dall'alimento oppure può essere racchiuso in carter appositamente progettati. Il mototamburo invece, è posizionato necessariamente più vicino al nastro e, perciò, al prodotto. D'altra parte, è necessario tenere in considerazione l'intero sistema di azionamento, inclusi il rullo, giunti e cuscinetti, e questi componenti non sono generalmente disponibili sul mercato con le stesse proprietà igieniche del motoriduttore selezionato per questo caso d'uso. Al fine di garantire un'adeguata pulibilità, i seguenti requisiti dovranno essere soddisfatti:

- Superfici lisce senza imperfezioni
- Nessun collegamento metallo-metallo
- Collegamenti smontabili con guarnizioni secondo specifici criteri igienici di progettazione
- Nessuna zona morta, fessure o spazi vuoti
- Nessun angolo acuto o angoli interni con raggio di raccordo inferiore a 3 mm
- Nessuna filettatura esposta
- Saldature continue e prive di imperfezioni

MOTORIDUTTORE

Il motoriduttore usato in questo case study è ricoperto completamente con una verniciatura multistrato. Grazie a questo strato continuo, i collegamenti smontabili presenti tra i vari componenti del motoriduttore sono sigillati ad evitare qualsiasi contatto metallo-metallo. Tuttavia, è opportuno considerare che, in caso di smontaggio, lo strato verrà danneggiato. Per garantire una protezione adeguata, sarà di conseguenza necessaria un'ulteriore verniciatura. La superficie non è sufficientemente liscia rispetto alla massima rugosità media $Ra=0,8\mu m$ accettabile in base alle linee guida EHEDG: sono stati misurati valori di rugosità Ra pari a $4,3\mu m$ sulla superficie motore e $2,4\mu m$ sulla superficie del riduttore. Inoltre, alcune imperfezioni sono visibili sulle superfici verniciate del motoriduttore.



Immagine 14: Imperfezioni su superfici e angoli con raggi di raccordo insufficienti

Il disegno di questo motoriduttore minimizza le possibilità di accumulo di residui e le superfici orizzontali. Tutti i collegamenti sono sigillati e, di conseguenza, i criteri igienici di progettazione per i collegamenti con guarnizione e le saldature non sono applicabili. Tuttavia, alcune fessure possono essere localizzate sotto i bulloni a causa di un processo di verniciatura insufficiente.

I raggi di raccordo degli angoli interni sono generalmente inferiori al valore minimo raccomandato di 3 mm. È opportuno tuttavia sottolineare che sul mercato sono presenti prodotti simili a quello selezionato per questo caso di studio che sono certificati EHEDG e dunque valutati da un istituto indipendente come conformi a tutti i requisiti sopra citati.

MOTOTAMBURO

Il mototamburo selezionato per questo caso d'uso è un prodotto certificato EHEDG type EL. Questo indica che il suddetto motore è stato valutato da un organo indipendente risultando conforme a tutti i requisiti sopra citati in materia di pulibilità. Tutte le superfici presentano valori di rugosità Ra inferiori a $0,8\mu m$ e tutti i raggi di raccordo degli angoli interni sono in accordo con le linee guida EHEDG.



Immagine 15: Tenuta igienica lato prodotto

4.3.2.b – Drenabilità

Secondo quanto affermato nel Doc. 8 dell'EHEDG “La zona interna ed esterna di tutta l'apparecchiatura e le tubazioni devono essere autodrenanti o drenabili [...]. Le superfici orizzontali devono essere evitate [...]”.

MOTORIDUTTORE

Il motoriduttore selezionato per questo caso d'uso è autodrenante con una minima presenza di superfici orizzontali in tutte le posizioni di installazione. Tuttavia, in alcune aree è possibile un accumulo di liquidi e/o residui in minima quantità tra i cicli di pulizia.

MOTOTAMBURO

Il motoriduttore è completamente autodrenante se installato nella comune posizione orizzontale. In caso di installazioni inclinate, la drenabilità deve essere verificata.

4.3.2.c – Contaminazione del prodotto con lubrificanti

Si applicano le medesime considerazioni presentate al punto 4.2.2.d.

MOTORIDUTTORE

Nel motoriduttore utilizzato in questo case study, il collegamento tra il motore e il riduttore è sigillato con un sottile strato adesivo. Un montaggio appropriato previene possibili perdite di lubrificante. Diverse soluzioni progettuali, come ad esempio un collegamento con guarnizione elastomerica, possono essere utilizzate in altri prodotti disponibili sul mercato. Oltre ai collegamenti statici, le aree critiche soggette alla possibile perdita di lubrificante sono gli anelli di tenuta radiale. In caso di installazione a contatto con il prodotto o al di sopra di esso, con superfici di contatto con il prodotto o con materiale di confezionamento, la capacità di tenuta dell'anello radiale dovrà essere validata nel peggiore caso d'uso prevedibile, tenendo in considerazione fattori quali le proprietà del lubrificante, la temperatura, la pressione interna, l'usura della guarnizione e le condizioni operative e di pulizia.



Immagine 16: Lato esterno anello di tenuta radiale del motoriduttore

La progettazione dovrà permettere una facile ispezione e l'identificazione rapida di perdite accidentali.

MOTOTAMBURO

Nel mototamburo utilizzato per questo case study esistono cinque punti di tenuta con possibile perdita di lubrificante: tre statici e due dinamici. I punti di tenuta dinamica rappresentano le aree più critiche. Considerando che il mototamburo viene installato sistematicamente più vicino al prodotto rispetto al motoriduttore, l'efficacia delle tenute dovrà essere validata nel peggiore caso d'uso prevedibile, tenendo in considerazione fattori quali le proprietà del



Immagine 17: Lato interno anello di tenuta radiale del mototamburo. L'anello bianco in posizione posteriore è la tenuta igienica lato prodotto.

lubrificante, la temperatura, la pressione interna, l'usura della guarnizione e le condizioni operative e di pulizia. La progettazione dovrà inoltre permettere una facile ispezione e l'identificazione rapida di perdite accidentali. Per ridurre tale rischio è in ogni caso necessario attuare un'adeguata manutenzione preventiva.

4.3.2.d – Possibili fonti di corpi estranei nel prodotto alimentare

Sia il motoriduttore che il mototamburo selezionati per questo caso d'uso non vengono considerati come significative potenziali fonti di corpi estranei per il prodotto. Le superfici esterne del motoriduttore includono alcuni bulloni, tuttavia questi sono ricoperti dalla verniciatura e dunque eventuali svitamenti sono improbabili. In caso di danno meccanico, dovuto ad esempio a urti con un bordo tagliente, la verniciatura potrebbe staccarsi dalla superficie del motore e contaminare il prodotto alimentare.

4.3.2.e – Idoneità al contatto con gli alimenti

I motoriduttori non sono generalmente progettati per il contatto con gli alimenti. Qualora il motore venisse installato in posizione a contatto, le sue superfici esterne dovranno essere costruite con materiali idonei. Il motore utilizzato per questo caso di studio è ricoperto con una vernice idonea al contatto con gli alimenti secondo la regolamentazione statunitense. Tuttavia, lo stesso produttore offre anche un differente modello di motoriduttore con superfici esterne costruite interamente in acciaio inossidabile.

Viceversa, il mototamburo, se utilizzato nella classica installazione ad una estremità del nastro, è di norma a contatto con il prodotto. Il mototamburo scelto per questo case study ha superfici esterne completamente costruite con materiali idonei al contatto alimentare. È opportuno sottolineare infine che, nel caso di un motoriduttore, sebbene il motore stesso non venga a contatto con il prodotto, è altamente probabile che ciò accada con altri componenti indispensabili quali, ad esempio, i cuscinetti. Tali componenti, generalmente, non sono costruiti con materiali idonei al contatto alimentare.

5. Valuazione comparativa: riassunto dei rimanenti criteri

I cinque restanti criteri di questo studio - installazione e manutenzione, spazio di installazione, consumo energetico, surriscaldamento e livello di emissione sonora - sono stati analizzati per le tre casistiche elencate. Di seguito, una sintesi dei risultati con una breve descrizione delle differenze più significative riscontrate. I risultati completi sono presentati sotto forma di tabelle riassuntive in Appendice 2.

Case Study 1: Area non-alimentare

In questo case study, il mototamburo mostra prestazioni superiori nei 5 criteri di valutazione analizzati, con differenze significative per i seguenti criteri:

- **Consumo energetico:** In questo caso d'uso, il mototamburo selezionato offre benefici significativi in termini di consumo energetico con un risparmio medio di potenza attiva pari al 30% per tutti i valori di velocità del nastro e i valori di coppia di resistenza testati.
- **Livello di emissione sonora:** Le misure sono state effettuate a due diverse velocità nastro e con un carico aggiuntivo di 4,5 Nm. Lo studio evidenzia una minore emissione sonora da parte del mototamburo ad entrambi le velocità testate.

Case Study 2: Area alimentare

In questo case study, il motoriduttore ha mostrato performance leggermente superiori nei criteri "Energia", "Surriscaldamento" e "Rumore". Dall'altra parte sono state invece osservate differenze significative per i criteri "Installazione e manutenzione" e "Spazio", dove il mototamburo mostra prestazioni superiori rispetto al motoriduttore selezionato.

- **Installazione e manutenzione:** Il mototamburo scelto per questo caso d'uso ha un peso di circa 11 kg, inferiore quindi di circa un terzo rispetto al motoriduttore. Con un diametro di 113 mm il mototamburo può essere facilmente fissato al telaio del nastro con staffe di montaggio. L'evidente vantaggio in termini di installazione è espresso nel design compatto, con tutti i componenti contenuti all'interno del mantello. A seconda del tipo di nastro, questo può significativamente ridurre i tempi di installazione degli operatori.
- **Spazio di installazione:** Quando si utilizza un mototamburo, l'intero sistema di azionamento è incluso nel rullo. Ciò permette di risparmiare una notevole quantità di spazio, in quanto il motoriduttore, il suo supporto, i cuscinetti e l'eventuale giunto sono assenti. La

porzione di spazio effettivamente guadagnata può variare a seconda dell'installazione e della grandezza motore. In aggiunta a ciò, è necessario sottolineare che, nell'area alimentare, un risparmio dello spazio di installazione può corrispondere a una migliore accessibilità e, di conseguenza, efficienza nelle procedure di manutenzione e pulizia.

Case Study 3: Area alimentare sottoposta a lavaggi

In questo caso d'uso, il motoriduttore ha mostrato performance leggermente superiori nel criterio "Rumore", mentre per i criteri "Energia" e "Surriscaldamento" non sono emerse differenze. Dall'altra parte, differenze significative sono state invece osservate per i criteri "Installazione e manutenzione" e "Spazio", con prestazioni superiori per il mototamburo.

- **Installazione e manutenzione:** Il mototamburo scelto per questo case study ha un peso di 12 kg, circa un terzo del motoriduttore, e può essere facilmente installato sul telaio del nastro con staffe di montaggio. L'evidente vantaggio in termini di installazione è espresso nel design compatto, con tutti i componenti contenuti all'interno del mantello del motore. A seconda del tipo di nastro, questo può significativamente ridurre i tempi di installazione degli operatori. In questo caso, il peso inferiore rispetto a quello del motoriduttore rappresenta inoltre un vantaggio in termini di migliore ergonomia e sicurezza dell'operatore.
- **Spazio di installazione:** Grazie al minor spazio richiesto per l'installazione, i mototamburi offrono significativi vantaggi in applicazioni speciali dell'industria alimentare, come, ad esempio, nastri trasportatori con incrocio a 90 gradi, con sovrapposizione o installazione inclinata. I benefici più significativi si registrano nel caso di studio "washdown" per via della necessità di proteggere il prodotto dalla contaminazione e, contemporaneamente, il sistema di azionamento da cibi, agenti chimici, acqua e residui.



Immagine 18: Installazione speciale di mototamburo in un'area sottoposta a lavaggi

6. Conclusioni

Come primo punto è importante sottolineare che la scelta delle attrezzature selezionate per i tre casi d'uso possono influenzare il risultato finale dello studio comparativo, specialmente in riferimento a quei criteri che necessitano di prove sperimentali.

Ove possibile, il documento specifica infatti quando la differenza è dovuta a questioni legate a una progettazione specifica dei componenti selezionati oppure a principi e caratteristiche generali tipiche della tecnologia. In alcuni casi, vengono indicate altre apparecchiature disponibili sul mercato per permettere, ove possibile, un confronto più completo.

In questo studio, il criterio di selezione principale è la comparazione tra azionamenti allo stato dell'arte. Si otterrebbero risultati diversi se si confrontassero invece le apparecchiature utilizzate più di frequente nell'industria alimentare. Alla luce dei fattori sopra menzionati intrinsecamente legati a questo studio vi è, alla base di tutto, l'intenzione di produrre conclusioni che siano frutto di una discussione critica e non un semplice elenco di risultati.

I punti di forza e debolezza di entrambi i sistemi di azionamento vengono esaminati sulla base dei criteri di valutazione specifici e discussi al fine di ottenere un risultato finale che sia chiaro e conciso. Le conclusioni sono riassunte nelle seguenti tabelle. La prima mostra, accanto ai risultati ottenuti secondo i criteri di igiene, gli altri cinque criteri di valutazione al fine di fornire un confronto olistico tra le due tecnologie di azionamento quando utilizzate nell'industria alimentare. Le tre tabelle a pagina 16, invece, mostrano i risultati dello studio comparativo basato esclusivamente su criteri di valutazione igienici per i tre case study.

I riquadri di colore arancione identificano le condizioni in cui il motoriduttore mostra migliore applicabilità o vantaggi. Viceversa i riquadri di colore verde identificano le condizioni in cui il mototamburo mostra migliore applicabilità o vantaggi.

Un (+) indica una leggera differenza, due (++) indicano una differenza rilevante, tre (+++) indicano una differenza importante e (=) indica differenze irrilevanti.

In prima battuta, è opportuno sottolineare che il mototamburo offre interessanti benefici in termini di igiene, criterio che, nel settore della produzione degli alimenti, è considerato come il più importante tra i sei presentati nello studio. Grazie al design compatto, questo viene in genere valutato in maniera più positiva rispetto al motoriduttore in quasi tutti i sottocriteri di valutazione indicati. Per i mototamburi, il rischio di accumulo residui e di contaminazione incrociata è decisamente inferiore rispetto ai più comuni motoriduttori. Inoltre, in aree adibite al lavaggio, il mototamburo offre vantaggi significativi in termini di pulibilità in-place in quanto tutti i componenti sono inclusi all'interno del rullo e non è necessario nessun carter di protezione. Questo può comportare un importante risparmio in termini di tempo e costi per le fasi di pulizia. L'unico punto debole dei mototamburi dal punto di vista igienico è rappresentato dal rischio di contaminazione con i lubrificanti. Anche se vengono impiegati lubrificanti food-grade, questo rappresenta tuttavia un punto critico e richiede, pertanto, un'opportuna validazione che assicuri l'affidabilità degli anelli di tenuta dinamica radiali. Infine, è opportuno notare che le attrezzature selezionate per questo studio sono ragionevolmente adatte ai rispettivi casi d'uso, tuttavia, motoriduttori con specifiche simili a quelli selezionati per il case study 1 (non alimentare) vengono spesso utilizzati – sfortunatamente - anche in aree alimentari e persino in aree wash-down (case study 2 e 3 del presente studio). Si suppone che determinate scelte siano motivate da questioni puramente economiche, tuttavia, tali cattive prassi possono portare a seri problemi igienici.

Inoltre, i mototamburi offrono grandi vantaggi in termini di spazio di installazione e in determinate applicazioni o contesti speciali, si rendono l'unica soluzione praticabile. Data la presenza oggettiva di un numero inferiore di componenti, l'installazione dei mototamburi risulta generalmente più semplice e veloce rispetto a quella dei motoriduttori. Inoltre, il peso inferiore, come osservato nei case study 2 e 3 (in area alimentare e wash-down), apporta un ulteriore vantaggio in termini di ergonomia e riduce il rischio di infortunio. Riguardo al criterio della manutenzione, si può concludere che le operazioni di manutenzione in loco diventano meno praticabili quando si utilizzano apparecchiature più specializzate. Le aree alimentari e quelle adibite al lavaggio richiedono generalmente attrezzature molto specializzate e quindi, in questi casi, è possibile affermare che non esistono differenze significative tra i motoriduttori e i mototamburi.

In relazione agli altri criteri di valutazione (consumo energetico, emissione sonora e surriscaldamento), la valutazione è stata effettuata facendo ricorso a prove sperimentali su specifici mototamburi e motoriduttori commerciali. I risultati ottenuti sono fortemente influenzati dalla scelta delle apparecchiature. In conclusione sono state riscontrate differenze di lieve o insignificante entità sulle apparecchiature allo stato dell'arte (case study 2 e 3) a seconda del design e della costruzione dei componenti selezionati.

Criteri	NON-ALIMENTARE		ALIMENTARE		LAVAGGIO	
	Motoriduttore	Mototamburo	Motoriduttore	Mototamburo	Motoriduttore	Mototamburo
Installazione e Manutenzione		+		++		+++
IGIENE		+		+		++
Spazio		++		+++		+++
Energia		++	+		=	=
Surriscaldamento		+	+		=	=
Livello di emissione sonora		++	+		+	

Immagine 19: Panoramica dei risultati per tutti i criteri e case study

IGIENE		NON-ALIMENTARE	
Sub-criteri	Motoriduttore	Mototamburo	
Accumulo residui		++	
Accessibilità		++	
Contaminazione incrociata		+++	
Contaminazione da lubrificanti	+		

Immagine 20: Risultati per i sub-criteri dell'igiene applicati al case study 1 (Non-alimentare)

IGIENE		ALIMENTARE	
Sub-criteri	Motoriduttore	Mototamburo	
Accumulo residui		+	
Accessibilità		++	
Contaminazione da lubrificanti	++		
Pulibilità		++	
Corpi estranei		+	
Contatto con alimenti		++	

Immagine 21: Risultati per i sub-criteri dell'igiene applicati al case study 2 (Alimentare)

IGIENE		LAVAGGIO	
Sub-criteri	Motoriduttore	Mototamburo	
Contaminazione da lubrificanti	++		
Corpi estranei		+	
Pulibilità in loco		+++	
Drenabilità		+++	
Contatto con alimenti		++	

Immagine 22: Risultati per i sub-criteri dell'igiene applicati al case study 3 (Lavaggio)

7. Autori

La stesura di questo libro bianco è stata coordinata da

SITEIA.PARMA - Centro Interdipartimentale sulla Sicurezza Tecnologie Innovazione Agroalimentare dell'Università degli Studi di Parma
Dipartimento di Scienze degli Alimenti

in collaborazione con

Società Italiana per l'Innovazione nell'Industria Alimentare - SIIIA Srl

e

Advanced Industrial Design in Acoustic - AIDA Srl

L'Università di Parma è una Università Statale. In quanto tale, è autogovernata e possiede autonomia amministrativa, organizzativa e contabile nel fornire servizi personalizzati agli studenti. La sua tradizione secolare ha inizio il 13 marzo dell'anno 962, quando l'Imperatore Ottone I mette nelle mani di Uberto, Vescovo di Parma, quello che sarà il primo grande passo verso la nascita dell'Università con il "Diploma": questo documento, che garantiva al Vescovo il diritto di ordinare ed eleggere funzionari ("eligere et ordinare notarios"), fu il principio di un processo di istituzionalizzazione che sarebbe durato per i secoli a venire e che, ancora oggi, viene preservato negli archivi vescovili di Parma. L'Università di Parma vanta ricerche scientifiche di altissima qualità: eccellenti risultati a cura di brillanti team di ricerca, articoli sulle più riconosciute riviste di settore del mondo e svariate partnership di successo con importanti università sono solo alcuni esempi di tale qualità. I nostri team di ricercatori primeggiano in uno svariato numero di campi: dal settore alimentare e dell'agricoltura a quello delle biotecnologie, passando per trattamenti innovativi fino alla medicina sperimentale, senza dimenticare i settori giuridico, economico e artistico.

Tra le nostre più grandi scoperte, vogliamo ricordare i "neuroni specchio", ad opera del Dipartimento di Neuroscienza, e le nostre ricerche in Ingegneria dell'Informazione relative ai Sistemi di Trasporto Intelligenti, culminate nella creazione di Veicoli Intelligenti.

L'Università di Parma possiede inoltre un polo tecnologico per la ricerca industriale, che include sei centri di ricerca all'avanguardia operanti in diversi settori nel campo industriale.

L'Università di Parma opera in un territorio nel quale l'industria alimentare costruisce la propria reputazione internazionale sulla produzione di diversi prodotti tipici e tradizionali, la presenza di grosse aziende tecnologicamente avanzate e, ultima non per importanza, sul ruolo di quartier generale dell'"European Food Safety Authority (EFSA)" (Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare).

Il Dipartimento di Scienze degli Alimenti presso l'Università di Parma viene fondato nel 2012 e combina l'expertise di diversi gruppi di ricerca, accreditati a livello nazionale ed internazionale, al servizio del "cibo" in tutte le sue forme (dalla produzione primaria alle funzioni nutrizionali e a tutti gli aspetti legati a chimica, biochimica, microbiologia, igiene, salute, legalità, nutrizione, tecnologia ed economia). Tutte queste competenze erano in precedenza frammentate e distribuite in diverse sedi, rendendo quindi impossibile approfittare dei benefici che una singola entità focalizzata esclusivamente sul mondo alimentare può portare. Il Dipartimento è strutturato come un ente in grado di approcciarsi in maniera scientifica al mondo del cibo pur mantenendo la giusta visione olistica, come giustamente sintetizzato nel motto riconosciuto a livello europeo "from farm to fork", "dalla fattoria alla forchetta".

SITEIA.PARMA è un centro interdipartimentale dell'Università di Parma co-fondato dalla Regione Emilia-Romagna nel Programma Regionale per la Ricerca Industriale, l'Innovazione e il Trasferimento Tecnologico (PRRIIT) e appartiene alla Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna. SITEIA.PARMA coinvolge 9 dipartimenti universitari e offre competenze al settore alimentare e ai suoi produttori.

SIIIA Srl è uno spin-off dell'Università di Parma specializzato nella sicurezza, qualità e innovazione nel settore alimentare con una specializzazione nella progettazione igienica e nelle valutazioni di pulibilità.

AIDA Srl è uno spin-off dell'Università di Parma specializzato in Acustica industriale e ambientale.

Autori principali

Davide Barbanti, Tecnologo Alimentare. È Professore Associato del Dipartimento di Scienze degli Alimenti dell'Università di Parma e Responsabile scientifico di SITEIA.PARMA.

Giampaolo Betta è Ingegnere Meccanico con un Dottorato di Ricerca in Scienze e Tecnologie Alimentari. È uno dei massimi esperti in progettazione igienica e sicurezza alimentare. È infine Presidente della Sezione Italiana dell'European Hygienic Engineering and Design Group (EHEDG).

Sponsor

Interroll è uno dei leader mondiali nella produzione di prodotti chiave per la logistica interna. I prodotti Interroll vengono principalmente impiegati nella lavorazione dei generi alimentari, nella logistica aeroportuale, nei servizi postali/corriere espresso, nei centri di distribuzione e nelle altre varie branche del settore.

Con il suo quartier generale a Sant'Antonino, Svizzera, la società quotata in Borsa impiega un organico di 1.900 persone dislocate nelle 30 sedi presenti in tutto il mondo, servendo un totale di circa 23.000 clienti.

interroll.com

8. Bibliografia

IEEE Standard 112: IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators

Regulation (EC) No 852/2004 on hygiene of foodstuffs

Directive 2006/42/EC on machinery

ISO 9614-2:1996: Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity -- Part 2: Measurement by scanning

EHEDG Doc. 8: Hygienic Equipment Design Criteria

Appendice 1: Descrizione dei criteri di valutazione

1. Installazione e Manutenzione

1.1) L'agevole installazione in loco rappresenta un aspetto chiave che influenza non solo il corretto assetto dell'intero sistema, ma anche la sicurezza dell'operatore e l'ergonomia. Viene fornita una valutazione generica di entrambe le tecnologie e sono analizzati i seguenti aspetti chiave: peso e dimensioni e numero di componenti.

1.2) Le operazioni necessarie alla manutenzione di entrambe le tecnologie di azionamento sono analizzate e riportate in questo studio.

2. Igiene

Nelle normative in vigore, i requisiti igienici vengono considerati prerequisiti orizzontali e sono espressi in linea generale. I requisiti igienici specifici possono invece variare a seconda dell'applicazione.

2.1) Nel primo caso d'uso, lo studio comparativo viene effettuato prendendo in esame un'area non alimentare e, più precisamente, un'area di fine linea. Quindi, si presume che tale attrezzatura si trovi il più possibile in condizioni asciutte e che non sia lavata o comunque non debba essere pulita ad una scala microbiologica. Tuttavia, spesso non vengono implementate adeguate strategie di zonizzazione cosicché, in diversi impianti, anche per processi aperti, le apparecchiature di fine linea si trovano nella stessa area dello stabilimento in cui i prodotti vengono processati e confezionati e sono dunque esposti all'ambiente circostante. Di conseguenza, le apparecchiature di fine linea possono rappresentare una fonte di contaminazione incrociata per il prodotto. Al fine di ridurre tale rischio, tali apparecchiature dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- Evitare l'accumulo di residui, fonte di contaminazione incrociata e attrattiva per gli infestanti.
- Risultare accessibile per permettere la corretta pulizia manuale.
- Ridurre al minimo l'interazione con l'area alimentare.

Nel primo case study, lo studio comparativo è stato dunque svolto secondo i seguenti sottocriteri:

- **Accumulo residui**
- **Accessibilità per ispezione e pulizia manuale**
- **Altri possibili fattori di contaminazione incrociata**
- **Perdita lubrificante e contaminazione contenitore**

2.2) In riferimento al secondo caso d'uso, secondo la Direttiva Macchine europea (2006/42/CE), le attrezzature usate in area alimentare devono:

- Essere costruite con materiali idonei
- Essere di facile pulizia
- Essere perfettamente drenabili
- Evitare l'accumulo di residui
- Evitare la contaminazione con lubrificanti

In questo case study, lo studio comparativo si è svolto secondo i seguenti criteri:

- Accumulo residui**
- Accessibilità per ispezione e pulizia manuale**
- Pulibilità**
- Perdita di lubrificante e contaminazione del prodotto**
- Possibile fonte di corpi estranei**
- Idoneità al contatto con alimenti**

Misure di rugosità superficiale (misuratore di rugosità Mitutoyo SurfTest SJ-201) e dei raggi di raccordo degli angoli interni sono state effettuate per verificare la conformità con il requisito "c".

2.3) In riferimento al terzo case study, oltre ai requisiti sopra indicati, per una facile pulizia in loco devono essere soddisfatti specifici requisiti quali, ad esempio, i criteri per collegamenti smontabili con guarnizioni elastomeriche, come indicato nelle più importanti normative internazionali (linee guida EHEDG, Norme Armonizzate Europee, Sanitary Standards 3-A, Standard NSF). Di conseguenza, lo studio comparativo viene effettuato secondo i seguenti criteri:

- Pulibilità in loco secondo le linee guida EHEDG**
- Drenabilità**

Il presente documento può essere tradotto in varie lingue. Tuttavia la versione in lingua inglese deve essere considerata la versione ufficiale.

- c. Perdita di lubrificante e contaminazione del prodotto
- d. Possibile fonte di corpi estranei
- e. Idoneità al contatto con alimenti

Misure di rugosità superficiale (misuratore di rugosità Mitutoyo SurfTest SJ-201) e dei raggi di raccordo degli angoli interni sono state effettuate per verificare la conformità con il requisito “a”.

3. Spazio per l’installazione

Lo spazio necessario per l’installazione viene valutato per entrambe le tecnologie di azionamento. Le installazioni standard sono analizzate.

4. Consumo energetico

Al fine di misurare e confrontare il consumo energetico, sono stati costruiti tre trasportatori specificamente progettati per i tre casi d’uso. Ciascun nastro trasportatore può essere azionato alternativamente dal motoriduttore o dal mototamburo. Inoltre, un motore resistente è stato connesso alla puleggia folle e utilizzato come freno per simulare verosimilmente un carico sui nastri. La potenza attiva e la corrente Arms sono state misurate a vari valori della coppia frenante.

5. Surriscaldamento

Il surriscaldamento può comportare un malfunzionamento per entrambi i sistemi di azionamento. Per evitare tale rischio, i motoriduttori sono dotati di ventola di raffreddamento motore. Tuttavia, siccome la ventola costituisce un problema di carattere igienico, molti motoriduttori impiegati nell’industria alimentare ne sono sprovvisti. Contrariamente a ciò, il mototamburo è un sistema chiuso e il calore generato viene dissipato esclusivamente sulla superficie del tamburo.

Per prevenire malfunzionamenti del motore, la temperatura di avvolgimento deve essere mantenuta al di sotto del limite di sicurezza e i motori vengono di norma utilizzati con un sistema di sicurezza che interrompe la corrente in caso di surriscaldamento. In questo studio, la temperatura di avvolgimento viene stimata attraverso un calcolo basato sulla relazione che intercorre tra la resistenza statore e la sua temperatura. La temperatura media può essere determinata dal raffronto tra la resistenza di avvolgimento a una determinata temperatura e la resistenza a una temperatura nota.

$$T = R_1/R_1 (234,5+T_1) - 234,5$$

Dove T è la temperatura di avvolgimento, R_T è la resistenza di avvolgimento alla temperatura T, T_1 è la temperatura ambiente, R_1 è la resistenza alla temperatura T_1 .

Sono stati effettuati challenge test per simulare in tutti i casi d’uso il funzionamento continuo con due diverse velocità di nastro e alte coppie di uscita.

6. Emissione sonora

Le misurazioni riguardanti l’emissione sonora vengono effettuate secondo lo Standard ISO 9614-2 – *Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico Parte 2: Misurazione per scansione*, al fine di confrontare l’intensità sonora emessa dai mototamburi e dai motoriduttori nei tre differenti casi d’uso. Il metodo intensimetrico non misura il livello di pressione sonora; misura invece il livello di intensità sonora, che può essere utilizzato per calcolare il livello di potenza sonora W tramite la seguente equazione:

$$W = \sum I_n S_n$$

Dove I_n è l’intensità su un’ennesima superficie, S_n è l’area dell’ennesima superficie di misurazione.

In questo studio viene delineata con rete metallica un’area di riferimento attorno al motore usata poi per tutti i test. Successivamente, la potenza emessa da ciascun motore viene misurata mediante scansione di tutte le superfici dell’area con una sonda intensimetrica. Essendo misurata la potenza sonora generale emessa dall’area di riferimento, i risultati ottenuti fanno quindi riferimento all’intero sistema, che include il mototamburo/motoriduttore, il nastro e l’intero sistema di azionamento, ivi inclusi dove previsti il giunto, i cuscinetti e il rullo. Queste misure non forniscono quindi una valutazione assoluta dell’emissione sonora emessa dal motore stesso e i risultati hanno solo valore comparativo.

Appendice 2: Panoramica dei risultati per i rimanenti criteri

CASE STUDY 1: Area non-alimentare	MOTOTAMBURO	MOTORIDUTTORE
1. Installazione e Manutenzione	Il mototamburo scelto per questo caso d’uso ha un peso simile a quello del motoriduttore (circa 6 kg) e può essere facilmente montato all’interno del telaio del nastro con staffe di montaggio. L’evidente vantaggio in termini di installazione è espresso nel suo design compatto, con tutti i suoi componenti quali il motore, il riduttore, i cuscinetti, il cavo elettrico, l’albero e lo stesso rullo, contenuti all’interno del mantello del motore. A seconda del tipo di nastro, questo può significativamente ridurre i tempi di installazione degli operatori. Le operazioni di manutenzione possono essere svolte da tecnici manutentori esperti in un’officina predisposta e dotata di alcuni specifici strumenti. Tuttavia, dato che, in caso di malfunzionamento, i fornitori di mototamburi offrono solitamente servizi di manutenzione rapida e backup, le operazioni di manutenzione non vengono generalmente effettuate in loco.	Il motoriduttore usato in questo case study è un’attrezzatura relativamente poco costosa e dalle dimensioni ridotte. Con un peso di circa 5 kg e una lunghezza di 20 cm, l’installazione può essere facilmente eseguita da un unico tecnico. Ad ogni modo, il fatto che il motoriduttore richieda un albero, cuscinetti e, a seconda della tipologia di installazione, un sostegno dedicato nel punto di fissaggio e potenzialmente un giunto smontabile e un carter di protezione, rende l’installazione significativamente più complessa rispetto all’installazione equivalente con un mototamburo. Riguardo alla fase di manutenzione, è opportuno ricordare che solo alcuni interventi di manutenzione verranno effettuati in caso di malfunzionamento. Alcuni di questi possono ragionevolmente rientrare nel piano preventivo della manutenzione ordinaria.
2. Spazio di installazione	Quando si utilizza un mototamburo, l’intero sistema di azionamento è incluso in un rullo. Ciò permette di risparmiare una notevole quantità di spazio, in quanto il motoriduttore, il suo telaio, i cuscinetti e l’eventuale giunto sono assenti. La porzione di spazio effettivamente guadagnata può variare a seconda della installazione e della grandezza motore ma, specialmente con spazio limitato o linee nastro di difficile accesso, il mototamburo offre inoltre significativi vantaggi per gli operatori. Con il motoriduttore, l’accesso al nastro dipende essenzialmente dal tipo di installazione.	
3. Consumo energetico	Si effettuano due serie di test a due diverse velocità di nastro, pari a 27 rpm e 40 rpm della puleggia folle e corrispondenti a una frequenza motore di 33 Hz e 50 Hz. La corrente Arms e la potenza attiva sono misurate a valori crescenti della coppia frenante aggiuntiva. In questo caso d’uso, il mototamburo selezionato offre benefici significativi in termini di consumo energetico con un risparmio medio di potenza attiva pari al 30% per tutti i valori di velocità e i valori di coppia resistente.	
4. Surriscaldamento	La temperatura di avvolgimento è stimata dopo 10 minuti di lavoro in due condizioni di prova, una a velocità molto bassa e una a velocità alta con un carico aggiuntivo pari a 2,2 Nm. Con velocità molto bassa (frequenza 5 Hz), la temperatura di avvolgimento dopo dieci minuti risulta significativamente inferiore nel mototamburo. Con velocità alta il motoriduttore risulta comunque più caldo ma con piccole differenze. Ciò è ragionevolmente dovuto all’effetto della ventola, che risulta più efficace a velocità più alte.	
5. Livello di emissione sonora	Le misure relative alle emissioni sonore vengono effettuate al fine di uno studio comparativo della rumorosità caratteristica del motoriduttore e del mototamburo selezionati. Le misurazioni sono effettuate a due diverse velocità e con un carico aggiuntivo di 4,5 Nm. Lo studio evidenzia una minore emissione sonora da parte del mototamburo a entrambi i valori di velocità.	

CASE STUDY 2: Area alimentare

MOTOTAMBURO

MOTORIDUTTORE

1. Installazione e Manutenzione

Il mototamburo scelto per questo caso d'uso ha un peso di circa 11 kg, di circa un terzo inferiore rispetto al motoriduttore. Con un diametro di 113 mm può essere facilmente fissato nel telaio del nastro con staffe di montaggio. L'evidente vantaggio in termini di installazione è espresso nel design compatto, con tutti i componenti contenuti all'interno del mantello del motore. A seconda del tipo di nastro, questo può significativamente ridurre i tempi di installazione per gli operatori. In relazione alla manutenzione, si osservano gli stessi risultati esposti al punto 4.1.1. In questo caso, la manutenzione preventiva dovrà includere la sostituzione delle tenute igieniche a intervalli sufficienti al mantenimento delle caratteristiche igieniche.

Il motoriduttore usato in questo case study ha un peso di circa 16 kg e una lunghezza di 50 cm; l'installazione può essere dunque eseguita da un unico tecnico. Ad ogni modo, il fatto che il motoriduttore richieda un albero, cuscinetti e, a seconda della tipologia di installazione, un supporto dedicato nel punto di fissaggio e potenzialmente un giunto smontabile e un carter protettivo, rende l'installazione significativamente più complessa rispetto ad una installazione equivalente con un mototamburo. Un'adeguata manutenzione viene consigliata al fine di estendere la vita utile dell'apparecchiatura. In questo case study il carter di protezione non è previsto, dato che il motore è progettato per resistere a condizioni di pulizia tipiche dell'industria alimentare.

2. Spazio di installazione

Quando si utilizza un mototamburo, l'intero sistema di azionamento è incluso in un rullo. Ciò permette di risparmiare una notevole quantità di spazio, in quanto il motoriduttore, il suo telaio, i cuscinetti e il giunto sono assenti. La porzione di spazio effettivamente guadagnata può variare a seconda dell'installazione e della grandezza del motore. In aggiunta a ciò, è necessario sottolineare che, nell'area alimentare, il risparmio dello spazio di installazione può corrispondere a una migliore accessibilità e, di conseguenza, efficienza delle procedure di manutenzione e pulizia.

3. Consumo energetico

Si effettuano due serie di test a due diverse velocità di nastro, pari a 41 rpm e 82 rpm della rullo folle, corrispondenti a una frequenza motore di 25 Hz e 50 Hz. La corrente Arms e la potenza attiva sono misurate a valori crescenti della coppia frenante aggiuntiva. In questo caso d'uso, il motoriduttore selezionato offre benefici in termini di consumo energetico con un risparmio medio di potenza attiva pari al 10%. Il risparmio è più alto in caso di velocità basse e alto carico resistente, mentre non è significativo con carico basso (< 20 Nm). Questo risultato è probabilmente dovuto al fatto che il motoriduttore selezionato ha dimensioni maggiori rispetto al mototamburo. Con potenza di pari livello, un motore con un diametro di avvolgimento maggiore risulta più efficiente rispetto a uno con diametro inferiore.

4. Surriscaldamento

La temperatura di avvolgimento è stimata dopo 10 minuti di lavoro in due condizioni di prova, una a velocità molto bassa e una a velocità alta con carico aggiuntivo di 16,7 Nm. Il motoriduttore scelto per questo caso d'uso è interamente protetto e senza ventola esterna. In questo modo, il raffreddamento non è influenzato dalla velocità di rotazione e il surriscaldamento è principalmente dovuto alla corrente assorbita. Nel mototamburo invece il raffreddamento è dovuto al trasferimento termico conduttivo tra la calotta e il nastro. Questo fenomeno diventa più efficace a velocità più elevate. A velocità molto bassa (frequenza 5 Hz), la temperatura di avvolgimento risulta, dopo 10 minuti, significativamente più bassa nell'avvolgimento del motoriduttore. Con velocità alta, il mototamburo risulta comunque più caldo ma lo studio comparativo effettuato evidenzia piccole differenze. La temperatura di avvolgimento più alta nell'avvolgimento del mototamburo è logica conseguenza della diversa efficienza del motore, dovuta, a sua volta, dai diversi volumi motore menzionati.

5. Livello di emissione sonora

Le misurazioni sono effettuate al fine di uno studio comparativo della rumorosità caratteristica del motoriduttore e del mototamburo selezionati. Le misurazioni sono effettuate a due diverse velocità con carico aggiuntivo di 20 Nm. I test mostrano un'emissione sonora leggermente inferiore per il motoriduttore alla velocità più elevata. A velocità inferiori lo studio comparativo non mostra differenze.

CASE STUDY 3: Area lavaggio

MOTOTAMBURO

MOTORIDUTTORE

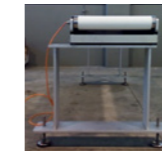
1. Installazione e Manutenzione

Il mototamburo scelto per questo case study ha un peso di 12 kg, circa un terzo del motoriduttore, e può essere facilmente montato all'interno del telaio del nastro con staffe di montaggio. L'evidente vantaggio in termini di installazione è espresso nel design compatto, con tutti i componenti contenuti all'interno del mantello del motore. A seconda del tipo di nastro, questo può significativamente ridurre i tempi di installazione per gli operatori. In questo caso, il peso inferiore rispetto a quello del motoriduttore rappresenta un fattore chiave in termini di migliore ergonomia e sicurezza dell'operatore. A causa della sua progettazione speciale, gli interventi di manutenzione non possono essere normalmente effettuati presso il sito di produzione alimentare. Il produttore raccomanda un mototamburo di scorta per permettere una rapida sostituzione e conseguente manutenzione preventiva senza periodi di fermo macchina.

Con un peso di circa 38 kg e una lunghezza di 47 cm, l'installazione può difficilmente essere eseguita da un singolo tecnico. Il peso del motore richiede generalmente una corretta installazione con telaio dedicato. Esso inoltre può rappresentare un potenziale fattore di rischio infortunio per gli operatori. Il motore pertanto richiede un'installazione significativamente più complessa, che va effettuata da più di un operatore, specialmente nel caso in cui venga installato in aree non facilmente raggiungibili. Per via della particolare progettazione, qualsiasi importante manutenzione o sostituzione di componenti dovrà essere a cura del produttore o con parti di ricambio fornite dal produttore stesso. In caso di malfunzionamento, alcuni produttori offrono tempi di sostituzione del motoriduttore in 24 ore.

2. Spazio di installazione

Quando si utilizza un mototamburo, l'intero sistema di azionamento è incluso in un rullo. Ciò permette di risparmiare una notevole quantità di spazio, in quanto sono assenti il motoriduttore, il telaio, i cuscinetti ed, eventualmente, il giunto. La porzione di spazio effettivamente guadagnata può variare a seconda dell'installazione e della grandezza del motore. L'immagine sottostante mostra l'installazione con il mototamburo. La porzione di spazio effettivamente guadagnata in questo test è facilmente intuibile.



Installazioni speciali:

Grazie al minor spazio richiesto per l'installazione, i mototamburi offrono significativi vantaggi in applicazioni speciali dell'industria alimentare, come, ad esempio, nastri trasportatori con curvatura a 90 gradi, con sovrapposizione o installazione inclinata. I benefici più significativi si registrano nei casi dei sistemi lavabili per via della necessità di proteggere il prodotto dalla contaminazione e, contemporaneamente, il sistema di azionamento da cibi, agenti chimici, acqua e residui.

Con il motoriduttore, l'accesso al nastro dipende dal tipo di installazione. Le seguenti immagini mostrano lo stesso nastro trasportatore azionato dal motoriduttore in tre diverse posizioni. La prima installazione permette una scarsa accessibilità al nastro, ma protegge il motore da possibili perdite di lubrificante dal riduttore. La seconda installazione è preferibile in termini di accessibilità al nastro, ma in caso di perdita lubrificante sono possibili danni al motore. La terza immagine mostra l'installazione orizzontale: l'accessibilità al nastro è scarsa, ma il rischio di danneggiamento del motore è ridotto.



3. Consumo energetico

Sono state effettuate due serie di test a due diverse velocità di nastro, pari a 76 rpm e 153 rpm del rullo folle e corrispondenti a una frequenza motore di 25 Hz e 50 Hz. La corrente Arms e la potenza attiva sono state misurate a valori crescenti della coppia frenante aggiuntiva. In questo caso d'uso, il mototamburo selezionato offre benefici significativi in termini di consumo energetico, con un risparmio medio di potenza attiva pari al 35% per tutti i valori di velocità e i valori di coppia resistente. Tuttavia, tale risultato era previsto dato che il mototamburo selezionato è un motore sincrono e i benefici misurati sono imputabili principalmente alla diversa tecnologia elettrica impiegata.

4. Surriscaldamento

La temperatura di avvolgimento è stimata dopo 10 minuti di lavoro in due condizioni di prova, una velocità molto bassa e una velocità alta con un carico aggiuntivo di 11,1 Nm. A elevata velocità, le differenze evidenziate risultano non significative mentre i test mostrano un minor surriscaldamento di avvolgimento del mototamburo a bassa velocità. Tuttavia, tale risultato era previsto dato che il mototamburo selezionato è un motore sincrono e i benefici che si misurano in termini di surriscaldamento a bassa velocità sono imputabili principalmente alla diversa tecnologia elettrica impiegata.

5. Livello di emissione sonora

Le misurazioni delle emissioni sonore sono effettuate al fine di uno studio comparativo della rumorosità caratteristica del motoriduttore e del mototamburo selezionati. Le misurazioni vengono effettuate a due diverse velocità e carico aggiuntivo di 8,36 Nm. In questo caso, rispetto al mototamburo, il motoriduttore selezionato registra emissioni sonore inferiori nel test ad alta velocità. Con bassa velocità, le differenze registrate sono minime.



Università degli Studi di Parma
Department of Food Science
Parco Area delle Scienze, 59/A
43121 Parma - Italy
Tel. +39 0521 902 111
www.unipr.it
www.foodscience.unipr.it



Siteia.Parma
c/o Department of Industrial Engineering
Università degli Studi di Parma
Viale G.P Usberti 181/A
43121 Parma - Italy

L'Università di Parma opera in un territorio nel quale l'industria alimentare costruisce la propria reputazione internazionale sulla produzione di diversi prodotti tipici e tradizionali, la presenza di grosse aziende tecnologicamente avanzate e, ultima non per importanza, sul ruolo di quartier generale dell'"European Food Safety Authority (EFSA)" (Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare).