



REGIONE DEL VENETO

Esame di fine corso

Cod. Progetto 4262/2/668/2015 - Cod. Intervento 4262/004/636/DEC/22

Titolo: Tecnico per la gestione di impianti di produzione della carta

Sede del corso: Verona - VR - 37138 - Via Don Giovanni Minzoni, 50

Ottimizzazione e controllo della planarità nella cartiera SAPPI di Carmignano

di Berti Giacomo



**Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
fcs.istitutosalesianosanzeno.it - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1. INTRODUZIONE

- 1.1 - Evoluzione aziendale
- 1.2 - Mercato e innovazione
- 1.3 - Gamma produttiva
- 1.4 - Assetto impiantistico

2. PLANARITÀ

- 2.1 - Anticipazioni
- 2.2 - Importanza della planarità
- 2.3 - Quando la planarità diventa un difetto
- 2.4 - Perché è importante per il cliente e le lavorazioni
- 2.5 - Analisi del problema

3. MODELLO PM4: STUDIO, METODOLOGIA E OTTIMIZZAZIONE

- 3.1 - Struttura della PM4
- 3.2 - Analisi dello studio effettuato
- 3.3 - Piano di Intervento sulla PM4
- 3.4 - Analisi dei dati
- 3.5 - Riscontri in PM4

4. ESPORTARE IL MODELLO IN PM6

- 4.1 - Configurazione impiantistica della PM6
- 4.2 - Differenze tecnologiche tra PM4 e PM6 e il loro impatto sulla planarità
- 4.3 - Formazione del gruppo di lavoro
- 4.4 - Aree e strategie di intervento
- 4.5 - Interventi programmati e manutentivi
- 4.6 - Valutazioni preliminari e protocollo di monitoraggio

5. CONCLUSIONI: L'IMPATTO DEL PROGETTO

- 5.1 - Impatto del progetto
- 5.2 - Ruolo dell'allestimento
- 5.3 - Risultati: qualità, scarti e costi
- 5.4 - Considerazioni finali

6. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUZIONE

1.1 EVOLUZIONE AZIENDALE



Immagine storica della cartiera di Carmignano.

Lo stabilimento di Carmignano di Brenta (Padova) è una storica realtà industriale, le cui origini risalgono a quasi 150 anni fa. Fondata nel 1877 ad opera della società Lanaro G. & Co., la cartiera vanta una solida tradizione nella produzione di carte speciali, caratterizzata da una continua evoluzione tecnologica e da importanti passaggi societari che ne hanno segnato l'espansione internazionale:

- 1883: acquisizione da parte della società Svizzera Holzstoff AG (Basilea).
- 1985: espansione del gruppo in Italia con l'acquisizione dello stabilimento trentino di Condino.
- 1993: passaggio sotto il controllo delle cartiere Svizzere Cham-Tenero AG (successivamente Cham Paper Group).
- 2018: anno di svolta con l'acquisizione da parte di Sappi Europe, divisione del colosso globale sudafricano leader mondiale nella fornitura di prodotti e soluzioni sostenibili in fibra di legno, carte per imballaggi e carte speciali.



Immagine più recente, dove si può vedere l'ultimo magazzino fabbricato (2023).

Negli ultimi anni, sotto la guida del Gruppo Sappi, lo stabilimento ha accelerato il suo percorso di innovazione e sostenibilità con numerosi investimenti:

- Nel 2019 è stato istituito il Centro Soluzioni Digitali, dedicato alla ricerca e sviluppo per le carte a sublimazione.
- Nel 2022 è stato completato un investimento per l'installazione di un moderno impianto di cogenerazione, finalizzato a ridurre le emissioni di carbonio, abbattere i costi energetici ed essiccare i fanghi di cartiera utilizzando calore di recupero, riducendo così i rifiuti in discarica.
- Nel 2023 è avvenuta l'inaugurazione del Centro di competenza per le carte a sublimazione.
- Nel 2025 è stata completata l'installazione di 1.100 pannelli fotovoltaici nel tetto del nuovo magazzino "Palladio" (6.500 mq). Si possono raggiungere così 480 kWp di energia elettrica rinnovabile (530 MWh/anno), riducendo le emissioni di CO₂ di 150 ton/anno.

Oggi la cartiera impiega circa 250 dipendenti e produce fino a 100.000 tonnellate di carta all'anno.



Nuovo impianto di cogenerazione (2022).

1.2 MERCATO E INNOVAZIONE

Essere parte del Gruppo Sappi ha consolidato il posizionamento di Carmignano in un segmento di mercato estremamente esigente. Nel corso dei decenni, la cartiera ha saputo cambiare diversi tipi di produzione, per esempio tra il 1932 e il 1982 ha prodotto anche schede elettrocontabili per l'Istituto Centrale di Statistica e carte per l'isolamento dei cavi sottomarini, mentre oggi il business è rivolto a settori ad altissimo valore aggiunto.

I mercati di riferimento attuali includono:

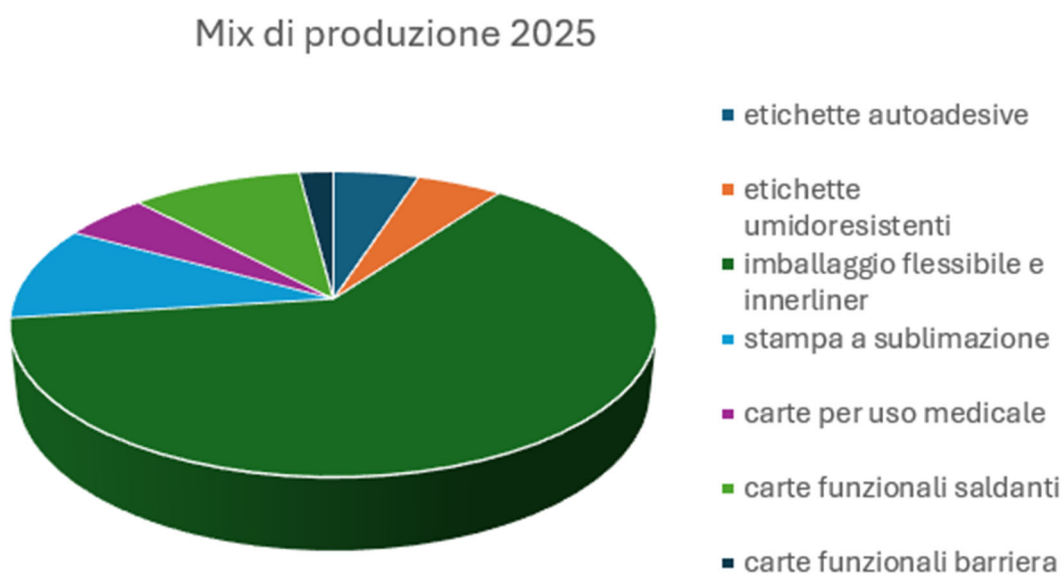
- L'imballaggio flessibile (alimentare e non).
- Il settore tessile e del Digital Imaging (stampa a sublimazione).
- Il comparto farmaceutico e quello medicale.
- L'industria del tabacco.
- Le etichette umido resistenti per altissime prestazioni di stampa e metallizzazione.

1.3 GAMMA PRODUTTIVA

Per soddisfare le richieste di questi mercati complessi, Carmignano ha sviluppato un portafoglio prodotti altamente specializzato e innovativo, esportato in tutto il mondo, che include:

- Carte per Sublimazione di colore (es. linea Transjet): Supporti per il trasferimento termico del colore su tessuti e substrati rigidi (abbigliamento sportivo, moda), che garantiscono il massimo trasferimento con il minimo consumo di inchiostro.
- Carte per Imballaggio Flessibile: Applicazioni tradizionali (lamine o estruse in PE), nel settore alimentare, non alimentare e farmaceutico, e le innovative applicazioni con funzionalità barriera.
- Carte Medicali: Supporti progettati per i rigorosi processi di sterilizzazione e confezionamento dei dispositivi medici.
- Carte per Tabacco: Gradi di confezionamento adatti a lavorazioni critiche come la metallizzazione o la goffatura.
- Carte per etichette umido resistenti: idonee per altissime prestazioni di stampa e metallizzazione, permettono il riutilizzo delle bottiglie su cui vengono applicate.
- Cellulosa Microfibrillata (MFC): Lo stabilimento è attivo in questo settore di avanguardia con un nuovissimo impianto che produce MFC per aumentare la forza, la ritenzione e migliorare il rivestimento superficiale della carta stessa.
- Altri settori di nicchia come le carte antimuffa, per imballaggio ed etichette.

In questi settori, i clienti (trasformatori e stampatori) utilizzano macchinari che viaggiano ad altissime velocità. La qualità della carta fornita non si misura solo esteticamente, ma attraverso la sua runnability (macchinabilità). È in questo contesto che un parametro fondamentale come planarità diventa un requisito commerciale imprescindibile. Come dimostrano i dati aziendali, i difetti legati alla planarità rappresentano una delle principali sfide qualitative, in quanto un foglio non perfettamente piano può causare inceppamenti, difetti di registro e fermi macchina presso i trasformatori, generando onerosi reclami soprattutto economici.



Gamma produttiva e mercato delle carte di Carmignano

1.4 ASSETTO IMPIANTISTICO

Macchine continue

Il centro tecnologico e produttivo dello stabilimento di Carmignano è strutturato per gestire l'intero ciclo di fabbricazione, lavorazione e finitura della carta. L'impianto è supportato da un moderno sistema di depurazione e trattamento acque, essenziale per la sostenibilità ambientale del sito.

La produzione è affidata a due macchine continue, entrambe dotate di sistemi di patinatura on-line e soft calandratura on-line, ma con caratteristiche operative differenti:

- La Macchina Continua 4 (PM4): Caratterizzata da una larghezza formato utile di 340 cm e una velocità massima operativa di 805 m/min.

- La Macchina Continua 6 (PM6): Caratterizzata da una larghezza formato di 330 cm e una velocità massima operativa di 560 m/min. A differenza della PM4, questa macchina invece è provvista di un cilindro monolucido.

Patinatura, finitura e allestimento

Per conferire alle carte speciali le caratteristiche superficiali e i formati richiesti dai clienti, lo stabilimento dispone di altre macchine:

- Una Patinatrice off-line (SM1): un impianto ad altissime prestazioni con larghezza formato di 352 cm e una velocità di 1200 m/min.
- Una Supercalandra, utilizzata per ottenere i massimi livelli di liscio e lucido superficiale.
- Reparto Allestimento: con 3 bobinatrici, 2 ribobinatrici
- Due plotter machine dedicate all'allestimento delle carte per sublimazione
- Una linea di imballo rotoli completamente automatica.

2. PLANARITÀ

2.1 ANTICIPAZIONI

Fisica della carta

Per comprendere meglio l'origine dei difetti di planarità, è fondamentale analizzare il comportamento fisico del foglio di carta. La carta non è un materiale del tutto omogeneo, bensì un reticolo poroso e igroscopico costituito da fibre di cellulosa tenute insieme da veri e propri legami chimici (ponte a idrogeno). L'interazione tra questo intreccio fibroso e l'umidità potrebbe essere la principale causa dell'instabilità, ovvero la tendenza della carta a variare le proprie dimensioni e la propria forma in base al contenuto d'acqua.

Acqua e legami

La cellulosa è un polimero altamente idrofilo. Durante la formazione del foglio in macchina continua, le fibre si intrecciano e, mentre l'acqua viene drenata ed evaporata, si avvicinano fino a formare solidi legami tra le fibre. Quando la carta finita riassorbe l'umidità, le molecole d'acqua penetrano all'interno della struttura fibrosa posizionandosi tra le fibre di cellulosa. L'acqua allenta i legami preesistenti, permettendo alle fibre di scorrere parzialmente l'una sull'altra e causando un rilassamento delle tensioni interne che si erano fissate durante l'asciugamento.

Caratteristiche dimensionali (MD vs CD)

La reazione all'umidità non è uniforme in tutte le direzioni. Le fibre di cellulosa, quando assorbono acqua, si gonfiano diametralmente ma subiscono variazioni quasi impercettibili in lunghezza. A questa proprietà della singola fibra si sommano i parametri del processo di fabbricazione.

Nella cassa d'afflusso, a causa del flusso idrodinamico, la maggior parte delle fibre tende ad orientarsi parallelamente alla direzione di marcia della macchina, definita Senso Macchina (MD - Machine Direction). Di conseguenza, la direzione perpendicolare, il Senso Trasversale (CD - Cross Direction), incrocia prevalentemente le fibre lungo la loro larghezza.

Un foglio di carta che assorbe o cede umidità subirà perciò variazioni dimensionali minime in MD e variazioni molto marcate in CD. Se queste dilatazioni o restringimenti trasversali

non vengono gestite o risultano disomogenee, il foglio perde la sua stabilità, innescando dei possibili difetti.

Asimmetria strutturale

Se un foglio fosse perfettamente simmetrico e uniforme, una variazione di umidità causerebbe solo una sua espansione o restringimento planare. Tuttavia, il processo di produzione industriale genera inevitabilmente uno squilibrio tra i due lati del foglio.

Il Lato tela, a contatto con gli elementi drenanti, tende ad essere più scarico, perdendo parte delle fibre corte (fini) e delle cariche. Il Lato feltro invece, ha una struttura diversa, spesso più chiusa.

Tensioni

Oltre alla natura chimico-fisica delle fibre, un ruolo cruciale nella planarità è giocato dalle sollecitazioni meccaniche a cui il foglio è sottoposto durante l'asciugatura. In macchina continua, il foglio viene mantenuto in tensione tra i vari gruppi per garantirne il trasporto (tiri liberi).

Mentre l'acqua evapora, le fibre tenderebbero naturalmente a ritirarsi, tuttavia, la tensione meccanica della macchina impedisce questo ritiro in direzione MD. Questo fenomeno genera delle tensioni fisse, l'energia del mancato ritiro rimane immagazzinata all'interno della struttura fibrosa.

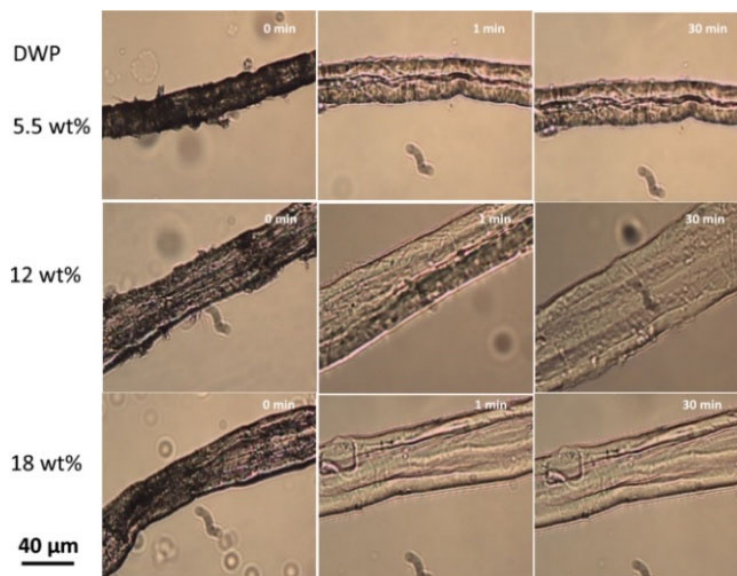
Se queste tensioni non sono uniformi lungo tutta la larghezza o tra i due lati del foglio, esse verranno rilasciate non appena la carta sarà libera (esempio in bobinatrice) o quando subirà variazioni di umidità ambientale. Il rilascio improvviso di queste energie interne può essere una causa della perdita di planarità, che si manifesta con sbandamenti laterali del foglio o deformazioni.

2.2 IMPORTANZA DELLA PLANARITÀ

Cosa significa in cartiera

Nel settore cartario, la planarità è la capacità di un foglio di carta di mantenere inalterate le proprie dimensioni e conservare la propria forma più uniforme possibile, sia al variare della temperatura o umidità, sia quando è sottoposto a sollecitazioni meccaniche. La carta è formata da una rete di fibre di cellulosa (feltro fibroso) generalmente igroscopiche, che tende continuamente a cedere o acquisire umidità per raggiungere l'equilibrio con l'ambiente circostante. Quando le fibre assorbono acqua (o inchiostri durante la stampa), subiscono una

dilatazione, si gonfiano notevolmente in diametro ma pochissimo in lunghezza. Una buona planarità si ottiene quando queste variazioni dimensionali avvengono in modo omogeneo e controllato, o quando la carta di alta qualità e grammatura adeguata, riesce ad assorbire i liquidi senza subire deformazioni strutturali.



Rappresentazione microscopica della struttura di una fibra di cellulosa, in cui si nota la tendenza all'igro-espansione trasversale (rigonfiamento) quando entra in contatto con l'umidità.

Perché è importante mantenerla costante

Mantenere la planarità costante è fondamentale per garantire che il rotolo di carta abbia un profilo di tensione uniforme. Un foglio non planare distribuirà le forze di trazione in modo irregolare, creando zone allentate e zone in sovratensione che rischiano di superare il carico di rottura o di causare difetti nelle lavorazioni successive.

Quale funzione aiuta a mantenerla costante

Il mantenimento della planarità è garantito dal controllo rigoroso dei profili. Le funzioni principali che aiutano a stabilizzare il foglio sono l'uniformità del profilo di grammatura in cassa d'afflusso, il corretto drenaggio nella tavola piana e nella sezione presse, il controllo di umidità in seccheria, la corretta e uniforme applicazione di patine o soluzioni in patinatore o size/film press e il bilanciamento delle temperature e delle pressioni in fase di calandratura oltre che nelle lavorazioni successive, diverse dalla macchina continua.

Perché è importante per il cliente

Per i trasformatori, la planarità non è solo un fattore estetico, ma un requisito fondamentale per la lavorazione (macchinabilità). Le moderne linee dei clienti esigono un controllo perfetto. Una planarità non regolare può generare sbandamenti laterali del foglio, perdite di registro in

stampa, inceppamenti e pesanti fermi macchina, che si traducono in reclami, con impatti economici e di immagine per la cartiera.

In che tipo di lavorazioni è più importante

La planarità è critica soprattutto per le lavorazioni ad alto valore aggiunto:

- Stampa ad alta velocità (flessografica o rotocalco): il foglio deve aderire perfettamente ai cilindri, le ondulazioni causano salti di stampa e difetti visivi.
- Accoppiamento ed estrusione: l'accoppiamento di carte (carte per il packaging) con film plastici o alluminio richiede tensioni perfette. Una carta non piana genera delaminazioni o imbarcamenti.
- Taglio e confezionamento automatico: un foglio che si arriccia dopo il taglio può bloccare i sensori ottici e si può incastrare nelle guide delle macchine confezionatrici. Una cattiva planarità può anche comportare la legatura di due rotoli vicini, che può risultare in uno scarto per il cliente.

2.3 QUANDO LA PLANARITÀ DIVENTA UN DIFETTO

La perdita di planarità dipende da uno squilibrio termodinamico o meccanico lungo la larghezza della macchina continua. Il difetto si può manifestare quando diverse fasce longitudinali del foglio subiscono ritiri (durante l'asciugamento) o stiramenti (durante l'avvolgimento) differenti.

Principali tipi di difetto



Evidenza pratica: rotolo di carta in lavorazione in cui è possibile notare gli effetti di tensioni trasversali disomogenee.

- Fasce di umidità: si presenta con la comparsa di pance o zone allentate al centro o ai lati della bobina.
- Arricciamento: tendenza del foglio ad arrotolarsi su sé stesso (verso il lato tela o lato feltro).
- Ondulazione dei bordi: i bordi del foglio si presentano allungati e ondulati rispetto al centro.
- Grinze e pieghe: conseguenza diretta delle pance, si formano quando la carta in eccesso viene schiacciata nei rulli o al pope.
- Bordi molli: difetto riscontrabile in bobina, causato da una non perfetta planarità della carta o da un disallineamento nei profili di spessore che impedisce un avvolgimento omogeneo.
- Imbarcamento e carta ondulata: fenomeno causato generalmente da una forte differenza di temperatura e umidità relativa tra l'ambiente di stoccaggio/stampa e la carta stessa.
- Trivelle: sono delle deformazioni diagonali che tirano il foglio di carta in modo asimmetrico. Si generano a causa di tensioni trasversali disomogenee, spesso provocate da micro-variazioni di grammatura o umidità che creano spessori irregolari in fase di avvolgimento della bobina madre.



Evidenza pratica: rotolo di carta in lavorazione in cui è possibile notare gli effetti di tensioni trasversali disomogenee.

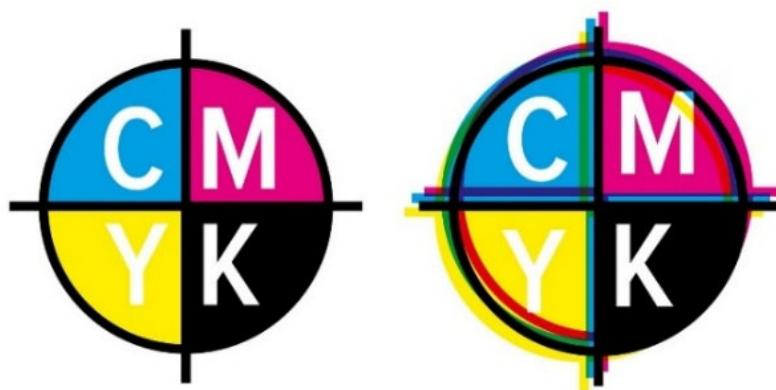
Cosa può provocare il difetto

- Disomogeneità del profilo di umidità: se una zona del foglio esce più umida, si allungherà in modo differente rispetto alle zone più secche adiacenti (tensioni critiche).
- Variazioni di grammatura: zone più spesse asciugano diversamente e, in fase di avvolgimento in bobina madre possono provocare trivelle.
- Tensioni di asciugamento sbilanciate: differenze eccessive di tiro o di temperatura tra i gruppi essiccatori superiori e inferiori.

2.4 PERCHÉ È IMPORTANTE PER IL CLIENTE E LE LAVORAZIONI

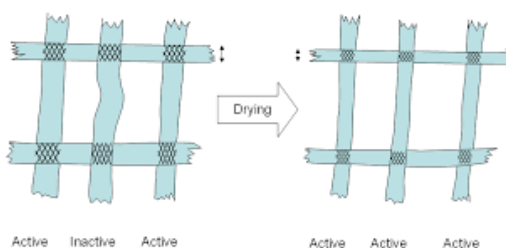
Per i clienti la planarità è un requisito primario soprattutto per la macchinabilità e per la qualità del prodotto finale:

- Difetti di registro in stampa: in lavorazioni ad alta velocità (es. stampa flessografica o rotocalco), un nastro instabile sbanda lateralmente. Questo disallinea i colori (fuori registro), compromettendo totalmente la resa grafica.
- Reazioni ai trattamenti termici e umidi: nelle carte per sublimazione (Transjet) il foglio riceve inchiostri e subisce shock termici. Solo una carta con planarità e profilo perfetti può stirarsi nei forni di asciugamento senza imbarcarsi in modo anomalo.
- Mantenimento del condizionamento: imballo adeguato.



Confronto visivo tra una stampa a registro corretto (sinistra) e una stampa con difetto di "fuori registro" (destra). Quest'ultimo è spesso causato da sbandamenti del foglio dovuti ad instabilità dimensionale della carta.

2.5 ANALISI DEL PROBLEMA



Comportamento delle fibre durante l'asciugatura, si nota il ritiro laterale delle fibre vicine. Le aree tratteggiate rappresentano i legami.

La comparsa di questi difetti è il risultato di variazioni nei profili trasversali.

- Variazioni del profilo di umidità: è un fattore critico. Alcuni studi confermano che una differenza anche solo del 5% di umidità tra diverse strisce longitudinali del foglio crea un ritiro differenziato in seccheria, generando tensioni permanenti.

- Variazioni di grammatura e spessore: zone più spesse formano delle fasce durante l'avvolgimento della bobina madre. Anche creste di pochi millimetri possono generare deformazioni permanenti che si manifesteranno come spanciate allo svolgimento.

Tuttavia, le variazioni di profili sono il risultato di molti fattori in macchina continua (e nelle lavorazioni successive). Questo rende il problema particolarmente critico e la risoluzione difficile. Diversi parametri concorrono al risultato e nella maggior parte dei casi non c'è un'unica azione che possa risolvere le criticità.

Come correggerlo

Il difetto di planarità difficilmente può essere risolto in fase di lavorazione finale (allestimento), se il foglio esce già compromesso dalla macchina continua. La bobinatrice può solo cercare di non peggiorare la situazione gestendo le varie ricette di avvolgimento. La correzione vera e propria deve avvenire a monte, lavorando sull'uniformità del foglio.

Manovre possibili

I conduttori di macchina possono agire su diversi parametri di processo:

- Regolazione della cassa d'afflusso: modifica locale dell'apertura del labbro per regolare il profilo di grammatura e garantire una stesa omogenea dell'impasto.
- Bilanciamento delle pressioni nel gruppo presse: verifica della bombatura dei rulli pressori per garantire un'estrazione d'acqua uniforme su tutta la tavola.
- Regolazione dei tiri e degli scorrimenti: ottimizzazione delle tensioni di trascinamento tra la sezione presse, la pre-seccheria e la post-seccheria per non stressare il foglio ancora umido.
- Curva di essiccamento: modulazione delle pressioni di vapore nei vari gruppi di cilindri essiccatori per un'asciugatura graduale.
- Cassa vapore o umettante: l'installazione e l'uso di una cassa a vapore permette di reidratare tutto il foglio. Questo trattamento restituisce flessibilità alle fibre raddrizzando il foglio, ripristinando così la planarità.

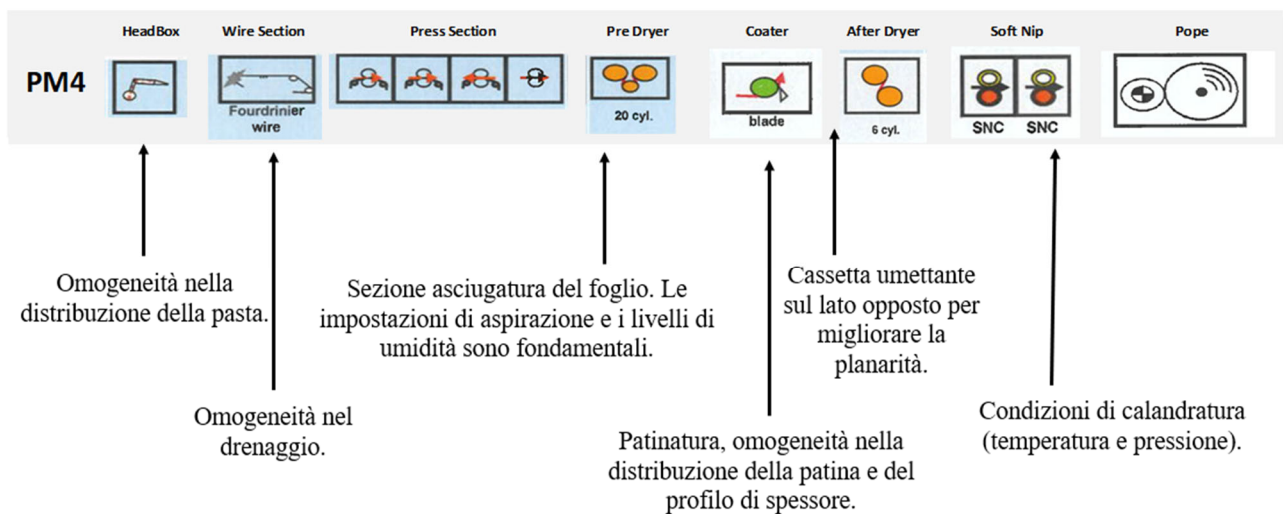
3. MODELLO PM4: STUDIO, METODOLOGIA E OTTIMIZZAZIONE

3.1 STRUTTURA DELLA PM4

Per rispondere alla necessità di ottimizzazione della planarità, è opportuno inquadrare l'assetto tecnologico della macchina continua PM4. Si tratta di un impianto dedicato alla produzione di carte speciali, contraddistinto da una configurazione di macchina da carta abbastanza tradizionale.

Nel corso degli anni, l'assetto della PM4 è stato caratterizzato da una costante evoluzione. Attraverso una serie di modifiche e aggiornamenti, l'azienda ha sostenuto importanti investimenti per ottimizzare il funzionamento dell'impianto e garantirne le massime prestazioni.

Il layout della macchina segue una progressione lineare e può essere suddivisa in diverse fasi:



Struttura della PM4.

Formazione e drenaggio

Il processo ha inizio nella cassa d'afflusso a diluizione, il cui compito è quello di distribuire l'impasto fibroso sulla tavola piana. In questa fase si determina l'orientamento prevalente delle fibre e si inizia il drenaggio dell'acqua. Il foglio passa poi alla sezione presse, dove la disidratazione meccanica avviene attraverso due nip a pressione crescente. La configurazione è composta da una prima pressa pick-up seguita da una shoe press nipcoflex.

Questa struttura è progettata per massimizzare il secco prima di entrare in seccheria. Uno squilibrio di pressione in questa zona, o un'usura irregolare dei feltri, può essere la causa di profili di umidità irregolari.

Essicamento

La rimozione dell'umidità residua avviene per evaporazione termica all'interno della seccheria. Questa sezione costituisce il blocco termico principale ed è composta da 31 cilindri essiccatori riscaldati internamente a vapore. I cilindri sono organizzati in diversi gruppi che permettono di controllare la tensione longitudinale del nastro (la prima batteria è di tipo slalom a singola tela, le restanti batterie sono tradizionali, con tela inferiore e superiore). È in questa fase che si possono generare delle tensioni, se l'asciugamento non è uniforme, le fibre si fissano in maniera errata e si potrebbero manifestare difetti di planarità una volta che il foglio passerà al patinatore.

Patinatura

Il foglio attraversa la testa di patinatura (a lama). Qui possono essere applicate patine di vario tipo oppure soluzioni barrieranti. Poiché questa operazione reintroduce umidità al foglio, è necessaria una post-seccheria, composta da ulteriori cilindri essiccatori, preceduti da un sistema di asciugamento a infrarosso (cappe IR a gas). Tra le cappe e la post-seccheria è presente anche una cassetta umettante con la regolazione del profilo di bagnatura. Questa sezione può essere particolarmente critica per la planarità perché un asciugamento non omogeneo potrebbe facilmente innescare difetti.

Calandratura e avvolgimento

Prima dell'arrotolamento finale sul pope, il foglio passa nel gruppo di calandratura, composto da due Soft Calander in successione. Queste, operando a temperature e pressioni controllate, uniformano lo spessore e conferiscono il grado di liscio e lucido desiderato. Sebbene le calandre abbiano un impatto limitato sulla correzione della planarità, hanno un ruolo importante nel determinare la formazione della bobina al pope.

3.2 ANALISI DELLO STUDIO EFFETTUATO

Metodo A3: Cos'è e come funziona

Il Metodo A3 è una pratica fondamentale del Lean System, nata originariamente in Toyota. Prende il nome dal formato standard del foglio di carta (A3) su cui viene redatto. È un sistema che permette di riassumere visivamente, spesso con l'aiuto di grafici, un intero processo di analisi, dall'evidenza del problema, alle azioni correttive, fino al piano d'azione finale.

Il metodo impone di raccogliere dati oggettivi per comprendere la vera causa alla radice di un problema, prima di testare le contromisure. Essendo un processo basato sul miglioramento continuo, l'A3 non è un documento statico, ma va costantemente aggiornato e corretto.

Strutturalmente, il foglio A3 è diviso in due aree:

- Lato sinistro (analisi): comprende il background, la situazione attuale, l'obiettivo da raggiungere e l'analisi vera e propria delle cause.
- Lato destro (azione): contiene le contromisure proposte, il piano d'azione dettagliato e gli strumenti per misurare i risultati ottenuti.

I principali vantaggi e utilizzi del metodo includono:

- Problem solving: fornisce contromisure efficaci basate sui fatti e non su supposizioni.
- Pianificazione strategica: aiuta a strutturare il pensiero logico, risultando uno strumento eccellente per definire gli obiettivi aziendali e allineare i vari livelli direttivi (dal management fino ai reparti operativi).
- Sviluppo delle persone: è un grande vantaggio. Compilare e discutere un A3 aiuta le persone a spiegare il proprio processo mentale, sviluppando il pensiero critico.
- Condivisione della conoscenza: registrare i miglioramenti su un A3 crea uno standard e un patrimonio di conoscenze riutilizzabile da tutta l'azienda, stimolando l'apprendimento reciproco.

In sintesi, il metodo A3 fornisce a tutta l'organizzazione un linguaggio comune per affrontare le sfide, trasformando il modo in cui l'azienda pensa, innova e risolve le criticità di ogni giorno.

Ottimizzazione del metodo per la PM4

Per affrontare il problema della planarità sulla PM4, l'azienda ha istituito un team di ricerca. Il gruppo è composto da figure chiave del reparto produzione, manutenzione meccanica, ufficio tecnico e dal controllo qualità. L'obiettivo non era semplicemente correggere il difetto,

ma comprenderne le cause principali per rendere il processo ripetibile e stabile. Si è deciso di operare prendendo in esame una determinata linea di prodotto, quella che dava più problematiche con la planarità.

Il team ha adottato un approccio tipico del Lean System. Già presente nel sistema Sappi (SPE&i, che sta per Sappi Performance Engine & innovation). Questo metodo ha permesso di:

- Osservare il problema sul campo: analizzando le bobine che rispettavano i parametri corretti rispetto a quelle oggetto di contestazione.
- Standardizzare le analisi: utilizzando strumenti per mappare e controllare i profili di grammatura e umidità, soprattutto in senso trasversale.
- Condividere le responsabilità: ogni azione tecnica è stata assegnata a un'area specifica, monitorando i progressi in tempo reale.

La scelta di applicare questo modello di problem solving è nata dalla necessità di standardizzare produzioni di altissima gamma (in particolare su alcuni tipi di carta), estremamente sensibili alle variazioni di umidità e soggette a severi requisiti di macchinabilità da parte dei trasformatori finali. Il gruppo di lavoro ha coinvolto i reparti di produzione, controllo qualità ed innovation, manutenzione ed ingegneria di processo. L'obiettivo primario era raccogliere dati oggettivi per trasformare un difetto apparentemente imprevedibile in un parametro misurabile e controllabile.

All'aumentare dei reclami da parte dei clienti si è vista la necessità di migliorare la qualità.

SPE&I	A3 TEMPLATE			
	TITLE	Planarità	DATE	2025
	OWNER	BB	TEAM	BB, GDM, WG, SV, MZ, AT, AS, MC, GD, EB, JB
PLAN - BACKGROUND		PLAN - FUTURE STATE		
Tipo di carta, formati grandi, tagliati dai nostri clienti in rotoli 1500 m di lunghezza, 10 cm di larghezza. Cliente finale che usa per avvolgimento sigarette nel pacchetto. Converter: mensilmente riporta dettagliatamente lo scarto (0-2%). Cliente finale richiede scarto dello 0,4%. DATI DISPONIBILI con indicazioni sul formato: profili di UR e grammatura in PM4, Tapio, profilo iRoll, materie prime, impostazioni cassetta umettante, scarti del coverter (quantità e posizione), mappe colore, vuoti tavola piana, lisce (?).		Descrizione dello stato futuro (cosa si propone e perché) Dal brainstorming sono emerse azioni eseguite, in corso e programmate, riassunte in tab. Impostazioni attuali con profilo cassa d'afflusso piatto, bombe 1° liscia che preme sui bordi (2 click), cassetta umettante al 30% e impostazioni essiccatori post seccheria come da disposizioni date.		
PLAN - DESCRIZIONE DEL PROBLEMA		DO - IMPLEMENTATION PLAN		
Fasce di umidità, gonfie, trivelle, bordi molli (chiamati overstratched dal cliente), rilevati dal cliente che taglia esclusivamente.		DO - IMPLEMENTATION PLAN		
PLAN - DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO		N°	ATTIVITA'	CHI QUANDO
KPI: Scarto cliente <1% Media Min-Max Tapio: abbassata del 10% Abbassare 2sigma profili di umidità e grammatura Scarto per planarità di PM4 non aumentato.		1	Raccolta materiale descrittivo/casistiche reclami	SV metà maggio
		2	Definire target attuali per definizione KPI	BB metà maggio
		3	Verifica accessibilità dati	MZ+AT metà maggio
		4	Organizzazione brainstorming	BB metà maggio
		5	Definire frequenza survey tela/feltri	WG fine luglio
		6	Pianificare sostituzione ugelli	WG fine luglio
		7	Misurare TSO-TSI	GD on hold
		8	Verificare posizione eventuali fasce al pope e in RS	WG settembre
		9	Analizzare dati da iRoll	GDM marzo
		10	Test combinato profili-cassa d'afflusso-curve RS	MC fine luglio
		11	Controllo impostazioni lisce ultime produzioni	AT fine luglio
		12	Ordinati nuovi portarasechia	JB fine luglio
		13	Verificare con MR se previsto in SAP PM 1/anno (WG)	WG settembre
		14	Best set da condividere scritto con operatori	AT settembre
		15	Verifica next step portarasechia lisce in UT	GDM settembre
		16	Ricerca criteri di "criticità" in PM	MZ settembre
		17	Raccolta dati per esportazione a sistema	WG ottobre
		18	Organizzare riunione per parametri PM da importare con UT, PE	MZ ottobre
		19	Verificare posizione bordi A/B, LT/LC per eventuale correlazione reclami-report Valmet	SV+MZ ottobre
		20	Caricare report Valmet in sharepoint	GDM settembre
		21	Verificare situazione portarasechia	GDM ottobre
		22	Decidere step rivestimenti/cambio termovalze	WG ottobre
		23	Continuare analisi dati profili/reclami	SV+MZ marzo
		24	Per validare ipotesi teniamo 1,2% umidità set in presecceria per Inner S, Inner P e Lab WSM/WS-HG-5	WG
		25	Verificare risultati test con 2% umidità presecceria V/S 1,4%	GDM marzo
PLAN - ANALISI		CHECK & ACT		
Vedi fishbone		Spiegazione di come si intende assicurare il mantenimento del nuovo stato Nuove procedure		

Esempio dello schema A3 utilizzato dal team di ricerca per lo studio della planarità.

Raccolta dati

La prima fase, dopo la creazione del gruppo, si è basata su una raccolta di idee ed innovazioni per ovviare il problema. Si è creata una tabella accessibile a tutti, che in ogni riunione veniva aggiornata. In questo file la PM4 è stata divisa in settori e si è iniziato a ragionare su cause e conseguenze o azioni che potevano evidenziare il difetto, per poterlo quindi correggere.

AREA / AZIONI	COSA	CHI	PRIORITÀ
Umidità residua feltri/presse	Revisione ugelli AP feltri	JB	completato
	Verificata sovrappressione aree	WG	completato
	Definire frequenza survey tela/feltri	WG	completato
	Pianificare sostituzione ugelli e visita tecnico	WG	completato
	Pulizia acida e ultrasuoni ugelli	JB	completato
	Prevedere ugelli con diametro inferiore	WG	2
	Bagnabilità della tela: tenere secco sotto tela		2
Backing roll	Test raschia per rettifica (come PM6/SM1)	WG	on hold
Pressione bracci al pope/avvolgimento	Definire range operativi	AT	on hold
	Verificare se segnale acquisibile da macchina virtuale	MZ	on hold
Allineamento velocità diverse parti macchina	Verificato coppie e scorrimenti	AT	completato
Profili di patina/grammatura/umidità	Misurare TSO/TSI	GD	completato
	Profilo patina		2
Asciugamento IR irregolare dopo patinatrice	Verificare posizione eventuali fasce al pope e in RS	WG/EB	completato
Drenaggio non uniforme (vuoti, ceramiche)	Revisionato foils	JB	completato
	Verificato vuoti	JB	completato
Condizioni pressa centrale	Analizzare dati da iRoll	GDM	1
Profili cassa d'afflusso	Test combinato profili cassa d'afflusso-curve RS	MC	completato
Curve di avvolgimento in RS	Rivedere curve di avvolgimento	EB	2
Impostazioni calandra variabili (1°,2°,T,P)	Controllo impostazioni ultime produzioni	AT	completato

Impostazioni calandra variabili (1°,2°,T,P)	Parametri conduzione registrati	MZ	completato
		MZ/WG	2
		GDM	
Calandratura non omogenea (T, P)	Survey Valmet	GDM	2
Profilo lisce, superficie	Ridotto tempo di contatto raschie	AT	completato
	Ordinati nuovi portaraschia	JB	completato
Rivestimenti lisce/termovalze	Verifica offerte	JB	completato
	Decidere step rivestimenti/cambio termovalze	WG	completato
Tipo/stato lama	Procedura cambio lama prima della produzione	AT	completato
Vacu roll	Disotturati, rettificati, sostituiti	JB	completato
Shoe press	Problemi di regolazione pressione (consegna valvola 2/09)	WG	da monitorare
Analisi dati mappe colore	Analisi mappe colore profili umidità	MZ/SV	1
Cassetta umettante	Tenere set	AT	on hold
	Verifica attuatori	WG	completato

Esempio di azioni analizzate (derivate dallo schema A3). Figura 1

Parallelamente si sono incrociati i dati storici e quelli in tempo reale.

Il team ha selezionato e messo a confronto due insiemi di dati:

- I lotti di produzione considerati buoni, che hanno superato tutte le fasi di allestimento e trasformazione dal cliente senza generare alcuna anomalia.
- I lotti reclamati, cioè bobine che, pur rientrando apparentemente nelle tolleranze qualitative standard del sistema di controllo, hanno generato difetti di planarità durante le lavorazioni successive.

La verifica finale delle bobine prodotte in bobinatrice viene effettuata visivamente e mediate uno strumento (Tapio) che analizza la durezza del profilo trasversale dei rotoli.

Tapio

Il sistema Tapio permette di mappare la struttura interna della bobina analizzando la tensione di avvolgimento in un profilo di durezza CD. Un profilo piatto al Tapio è la garanzia che le tensioni interne sono state bilanciate correttamente in macchina continua. Al contrario, la presenza di sbalzi di durezza segnala accumuli di spessore che porteranno il cliente a riscontrare difetti di planarità allo svolgimento.

Dal punto di vista matematico, il sistema Tapio calcola la media della durezza su tutto il profilo della bobina e la sua deviazione standard, ovvero di quanto i singoli punti si discostano dal valore medio. Un profilo ideale ha una deviazione standard molto bassa (curva piatta), mentre picchi anomali indicano zone in cui la carta ha accumulato spessore o tensioni, preannunciando futuri difetti di planarità in fase di svolgimento.

└

INNERLINER CLASSIC

MISURA DELLA DUREZZA ROTOLI CON TAPIO

Media	< 67	67 ÷ 70	70 ÷ 80	80 ÷ 83	> 83
Dev. Std.	0 ÷ 4	4 ÷ 6	> 6		
Max-Min	0 ÷ 15	15 ÷ 20	> 20		

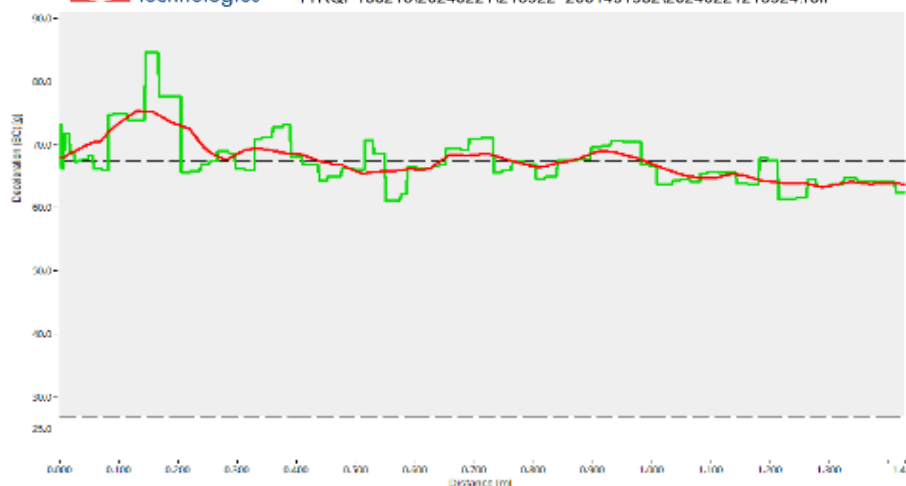
Esempio di standard Tapio che definisce le tolleranze in funzione della durezza media dei rotoli.



Deceleration 2001491932

TTRQP130213\20240221\213922_2001491932\20240221213924.roll

Tapio buono



Limits
High 60,0[%] 107,88
Low -60,0[%] 26,97

Mean of Rolls
Mean 67,42
Std.Dev. 4,15
Max 84,61 Min 61,16
Max-Min 23,45

MA Filtered Mean (0,150)
Mean 67,42
Std.Dev. 2,89
Max 75,31 Min 63,23
Max-Min 12,08

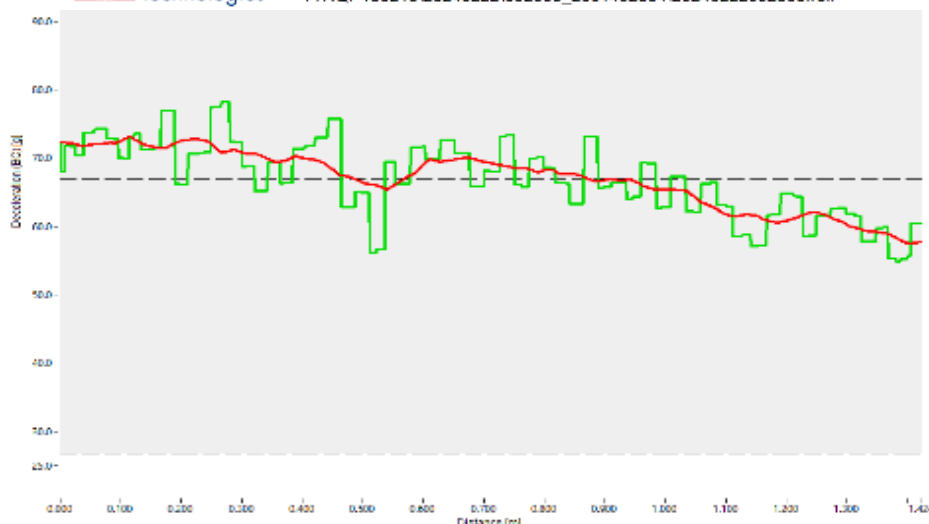
Device TTRQP130213
Barcode 2001491932
Time 21/02/2024 21:39:24



Deceleration 2001492094

TTRQP130213\20240222\092305_2001492094\20240222092306.roll

Tapio accettabile



Limits
High 80,0[%] 107,08
Low -60,0[%] 26,78

Mean of Rolls
Mean 66,91
Std.Dev. 5,48
Max 78,27 Min 54,71
Max-Min 23,56

MA Filtered Mean (0,150)
Mean 66,91
Std.Dev. 4,30
Max 73,13 Min 57,48
Max-Min 15,65

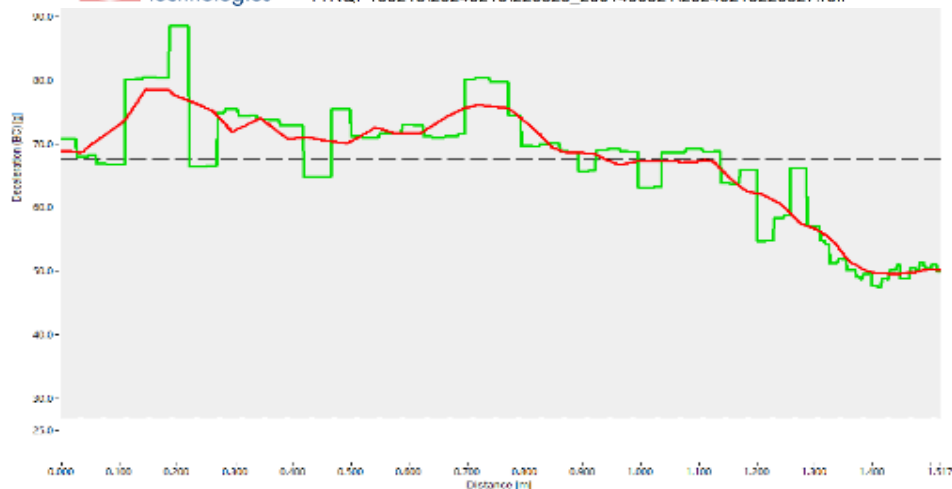
Device TTRQP130213
Barcode 2001492094
Time 22/02/2024 09:23:08



Deceleration 2001490521

TTRQP130213\20240215\220326_2001490521\20240215220327.roll

scarso



Limits
High 60,0[%] 108,27
Low -60,0[%] 27,07

Mean of Rolls
Mean 67,67
Std.Dev. 9,14
Max 88,51 Min 47,43
Max-Min 41,08

MA Filtered Mean (0,150)
Mean 67,67
Std.Dev. 8,07
Max 78,58 Min 49,58
Max-Min 28,98

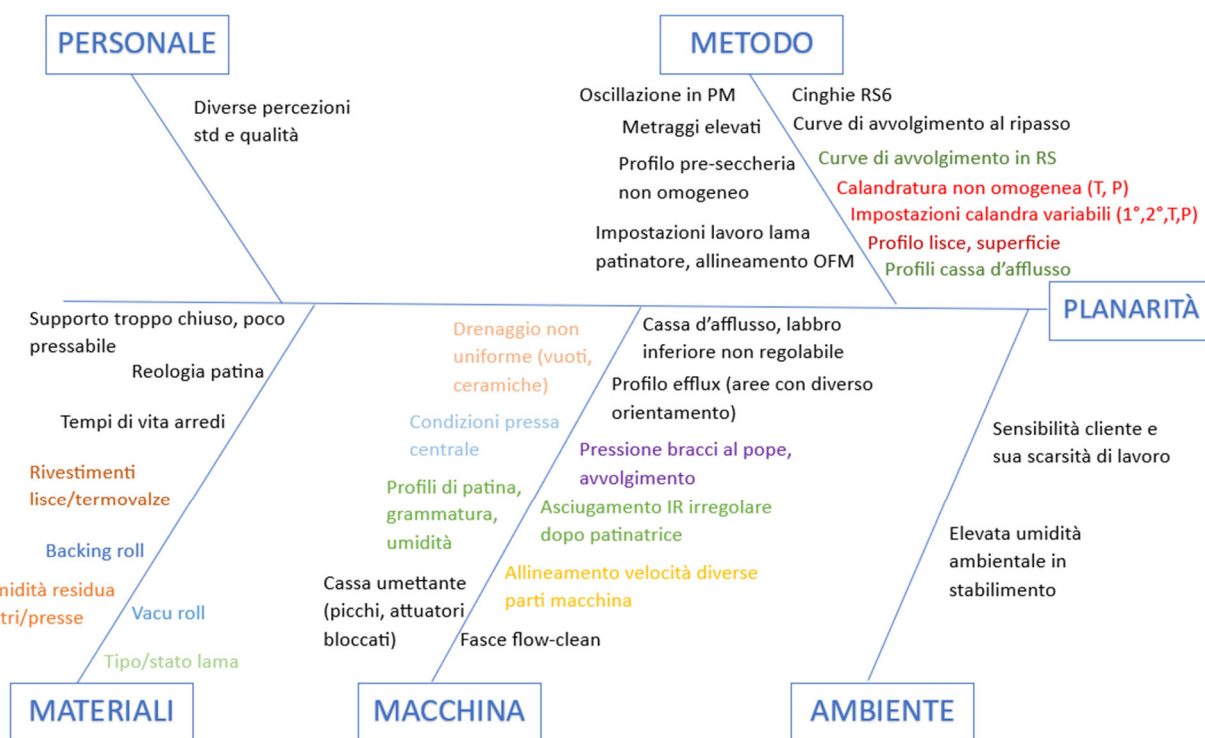
Device TTRQP130213
Barcode 2001490521
Time 15/02/2024 22:03:27

Questa analisi ha portato ad una scoperta fondamentale che ha guidato tutte le successive modifiche in macchina. Inizialmente, si pensava che un profilo Tapio scarso, con un'alta deviazione standard fosse automaticamente sinonimo di carta difettosa. Tuttavia, i dati hanno dimostrato che non c'era una correlazione diretta tra la deviazione standard globale del profilo e i reclami dei clienti.

Il Tapio è una buona linea guida ma non può essere un indicatore soddisfacente per chiarire il problema alla radice. Alcune bobine infatti sono state completamente scartate dai clienti. Secondo i risultati Tapio eseguiti internamente, alcuni rotoli con profilo pessimo sono stati tagliati senza problemi dai clienti, dimostrando che Tapio è uno strumento utile ma non in grado di evidenziare tutti i problemi di planarità dei clienti. Molti lotti buoni presentavano deviazioni paragonabili ai lotti reclamati.

Il vero problema, emerso incrociando i dati analitici con i feedback provenienti dall'allestimento in bobinatrice (dove il difetto si mostra sotto forma di tensioni irregolari sul tamburo), era l'effetto fasce. Il difetto di planarità non nasceva da una disomogeneità generale, ma dalla presenza di micro-fasce longitudinali (strisce) estremamente localizzate in cui l'umidità e la grammatura subivano variazioni repentine, creando così delle creste (cordoni) durante l'avvolgimento della bobina.

Dalle analisi condotte, il gruppo di lavoro ha isolato i fattori critici che innescano la perdita di planarità sulla PM4. Queste cause non agiscono quasi mai isolate, ma si sommano lungo il percorso del foglio, dalla cassa d'afflusso fino all'arrotolatore e poi in allestimento. Per rendere l'analisi precisa, le cause sono state classificate secondo la logica del diagramma a lisca di pesce (Fishbone), focalizzandosi sui punti di maggiore impatto emersi durante lo studio di un determinato tipo di carta.



Schema a lisca di pesce (fishbone)

Schema a lisca di pesce (fishbone)

Noto anche come diagramma di Ishikawa, si tratta di uno strumento visivo usato nel problem-solving per l'analisi delle cause alla radice. La sua struttura permette di scomporre il problema principale (posto alla "testa" del diagramma) suddividendo tutte le potenziali cause in specifiche categorie di indagine (le "lische"), come ad esempio macchinari, metodi, materiali, personale e ambiente. Questo approccio strutturato evita dispersioni e permette di mappare in modo chiaro tutte le variabili in gioco, garantendo che nessun aspetto del processo venga trascurato durante la fase di diagnosi.

3.3 PIANO DI INTERVENTI SULLA PM4

In base alla tabella risultata (Figura 1-2), aggiornamento dopo aggiornamento, sono stati presi alcuni provvedimenti su modifiche o miglioramenti da apportare in produzione.

Una volta verificato che la causa principale della perdita di planarità stava nell'effetto fasce, ovvero micro-variazioni di grammatura e umidità dei profili trasversali, il team di ricerca è passato alla fase operativa. La strategia adottata non si è limitata a correggere il difetto a fine macchina, ma ha puntato a stabilizzare il foglio fin dalle primissime fasi di formazione e drenaggio, seguendo un approccio preventivo e strutturato su più aree di intervento.

Si è deciso quindi di programmare degli interventi mirati a migliorare la qualità, dividendo la macchina in settori e provando a ragionare uno alla volta.

Il gruppo si trovava periodicamente per aggiornarsi sui dati raccolti e condividere nuove idee.

AGGIORNAMENTO 27/08	AGGIORNAMENTO 27/09	AGGIORNAMENTO 31/10	AGGIORNAMENTO 10/01	AGGIORNAMENTO 28/02	AGGIORNAMENTO 8/5
				Esiste una SOP per verifica ugelli e posizionamento scovoli (1/turno).	In fermata verificano posizione per frequenti blocchi oscillazione.
Survey: 1/feltro; ogni 2 mesi/tela	completato, organizzazione produzione con fornitore esterno				
Verificare con MR se previsto in SAP PM 1/anno (WG)	completato	Aumentare frequenza 2/y (con cambio tela)	fatto		
		Da prevedere intervento ripetitivo e scorte per fare intervento più velocemente	fatto		
tbd, necessario lavorare su filtrazione			acquistati ma potenziare filtri prima dell'installazione		installati su 2 feltro 22/4
				Valutare possibilità di tenere solo canne a spillo sul sottotela.	
on hold					
in corso	Raccolta dati in corso		ON HOLD		
tbd	Non possibile		ON HOLD		
on hold. Arriverà report di Valmet su analisi liscie	Report Valmet non riporta criticità. Tendenza a deviare 10° LT.				
				Richiesto survey a Valmet per analisi patinatore.	Agosto 2025 con Valmet. Lavoro con JC per lame.
in corso	in corso	Evidente corrispondenza.			
in corso	In attesa report	In attesa report	Aggiornamenti settimana prossima		Problemi con fornitore per reperire dati.
Non risulta influenza. Bordi leggermente bassi in uso al momento		Da fare	File raccolta dati PM-guidizio planarità-Tapio: aggiungere dati delle bobine reclamate. Ripartiamo da dati raccolti da Simone.		In attesa di UT per impedire sovrascrizione profili. Prima della fermata di marzo fatto delle modifiche al profilo per compensare liscie danneggiate. Poi tornati a set.
Test effettuati su liscie: best set da condividere scritto con operatori (profilo, T e P di partenza, adattabili a seconda dei dati di laboratorio).	Raccolta dati in corso, inserimento informazione su LIMS	Raccolta dati in corso.	Definito che produciamo sempre la Satin con 1° liscia. A fine gennaio cambio thermalvalze		Disponibile in LIMS e Aspen.
	Portare a sistema più informazioni possibili su liscie, parte umida e patinatore per avere impostazioni da "caricare"	Dati passati da IBA ad Aspen (live).			
		Passaggio dati da Aspen/OPC a MII per uso operatori.			

Esempio di aggiornamenti. Figura 2

		Analisi dati e correlazione parametri.	Aggiungere età liscie		
deadline xx	In corso	In attesa meeting. Azioni proposte: rinforzo sostegno motore per evitare risonanza; rivestimento diverso;	settimana prossima		
Ordinato 1, arrivo a settembre. GDM verifica in riunione UT next steps.	Verifica stato	Installato su prima liscia, verichiamo l'efficacia solo quando avremo in casa liscia di scorta.	Ordinato secondo.		Installazione raschia a fine giugno.
	Verifica in riunione MNT-PM4	Un rivestimento in corso.	A fine gennaio montaggio.		Sostituito entrambi (ultimo in marzo). Meglio usare la 2° per problematica false pieghe ma la differenza delle 2 è ridotta come impatto su planarità. Nuova raschia che sostituisce 3M (verificato diversa P di lavoro precedentemente al cambio) da marzo.
In corso, intervento HT	in corso. Intervento HT con regolazione valvola, ok fino alla fermata ma da avviamento del 25/9 abbiamo gli stessi problemi. Richiesto HT	Registrazione set giornaliera	Installato filtro per olio così da avere meno impurità in fermata natalizia.		
Ricerca criteri di "criticità" in PM	Informazioni da ponte 2 perché ponte 1 è sovrapponibile. Aggiungiamo altre fabbricazioni, anche 1 completamente buona. Tra i reclamati cosa è "bordo" (in base a grandezza rotolini) e in che posizione? Aggiungere informazione su 2sigma del rotolo per capire se il problema veniva dall'intero tamburo o è legata al dato puntuale.	Aggiunto golden batch. Non sembra esserci un'evidenza. 2sigma: non ci sono correlazioni (sia reclamati che golden batch hanno deviazioni paragonabili). Fare analisi della derivata della curva per evidenziare se ci sono correlazioni con regioni/fasce.	Continuiamo ad aggiungere dati delle nuove produzioni e dei report reclami da cliente. Teniamo umidità 1,3-1,4% in preseccheria. Da verificare risultati test con umidità al 2%. Se valutiamo la deviazione standard, non sembra esserci una correlazione tra i reclami e quanto variano i profili in cross direction.	Nuovo approccio: provare ad individuare le "strisce" del cliente direttamente da tamburo. Sembra che la granularità dei ponti sia sufficiente.	Abbiamo analizzato: - colormaps grammatura e umidità - ponte 2 VS 1 - differenza tra profili in CD - trasformata di Fourier per analisi forma - clustering shape-based - scatterplot umidità VS grammatura - analisi derivata - split in quarti (2x tagli e 2 x posizione) e test KS distribuzione umidità/umidità CD Non troviamo correlazioni con parametri/planarità.
Da valutare dopo incontro con Valmet.	Teniamo impostazione come post intervento. Valmet prepara una lista di proposte alternative.		In uso al 30%.		
in corso	completata				

Esempio di aggiornamenti. Figura 2

Parte umida

Se un feltro o una tela presentano zone intasate da cariche minerali o fibre (sporco non uniforme), la sua capacità di drenare l'acqua dal foglio bagnato sarà disomogenea. Questo crea fasce longitudinali con un residuo d'acqua maggiore, che la seccheria non riuscirà a compensare del tutto.

Per ovviare a questo problema, le azioni definite sono state:

- Verificare i profili della cassa d'afflusso, ed è stato fatto un test combinato profili cassa PM4 – curve RS6, che non evidenziando influenze.
- Revisionare i foils.
- Disotturati, rettificati o sostituiti i vacu-roll.
- Controllato l'impianto del vuoto.
- Valutare le condizioni dei feltri e delle presse.
- Installare nuovi ugelli ad alta pressione con un diametro di uscita inferiore sul secondo feltro. Questo permette all'acqua di penetrare più a fondo nella struttura del feltro, rimuovendo le impurità ostinate senza saturare il tessuto.
- Implementare una routine di pulizia profonda degli ugelli tramite ultrasuoni e bagni acidi, per prevenire occlusioni calcaree.
- Creare una procedura operativa standard (SOP) per verificare visivamente il posizionamento degli ugelli e il corretto funzionamento dell'oscillazione almeno una volta per turno.
- Introdurre controlli periodici sulla permeabilità e bagnabilità delle tele.
- Controllare i parametri e le pressioni della pressa centrale e della shoe-press.

Seccheria

L'asciugatura del foglio è una fase cruciale per la planarità del foglio: è necessario che sia uniforme, in quanto, se una fascia di carta rimane più umida, le fibre in quella zona subiscono un rigonfiamento trasversale maggiore (igro-espansione), risultando fisicamente più larghe rispetto alle zone adiacenti più secche. Le azioni correttive in quest'area sono state:

- Una taratura termica dei cilindri essiccatori.
- Controllare le variazioni di umidità in seccheria.
- Ottimizzare il target di umidità in seccheria.

Patinatore

Dal momento che durante la patinatura il foglio viene nuovamente bagnato, dopo essersi appena asciugato in seccheria, anche questa fase può presentare delle criticità.

Il patinatore deve lavorare in maniera impeccabile per stendere perfettamente una patina o una soluzione.

Un'irradiazione non omogenea delle cappe IR (infrarosso) dopo la patinatura può provocare un asciugamento troppo repentino della superficie. Questo può creare uno squilibrio di tensione tra il lato trattato e il supporto, innescando il difetto di arricciamento (curling).

- Si è valutata una raschia che rettifica il cilindro backing-roll, già provata in PM6 e SM1.
- È stato controllato il patinatore, il quale è stato oggetto di revamping con l'installazione di fast pap e flowclean (per la pulizia).
- È stato controllato il sistema di asciugamento a cappe IR dopo la patinatura, ed è stato sostituito con un sistema energeticamente più efficiente.
- Sono state revisionate le valvole della cassetta umettante, posizionata tra le cappe e la post-seccheria, per assicurarsi che non vi fossero ugelli bloccati che spruzzassero acqua in eccesso, creando difetti peggiori di quelli che dovevano risolvere.
- Si è stabilita una linea guida operativa per la gestione della cassetta umettante. Il sistema legge il profilo tramite lo scanner e nebulizza acqua regolando le disuniformità del supporto che riceve.

Calandra

Le instabilità meccaniche e le vibrazioni dei rulli (barring) possono indurre micro-variazioni di spessore. Questi cambiamenti, una volta in bobina, creano difetti che deformano la geometria del rotolo, compromettendo la planarità allo svolgimento.

- È stata richiesta la valutazione delle due soft-calander da parte di un fornitore, per valutare le vibrazioni, l'usura, ed alcuni segni sui cilindri.
- È stata valutata l'influenza della calandra sulla planarità, richiedendo la sostituzione dei pirometri obsoleti, valutando l'uso di termocamere per monitorare la profilazione termica delle lisce periodicamente.
- È stato cambiato il materiale di rivestimento del thermowalze.

Avvolgitore

Il pope è l'ultima parte della macchina continua ed è fondamentale perché è il punto in cui tutte le tensioni create nei metri precedente percorsi nella macchina vengono definite nella bobina madre.

Se la carta arriva al Pope con difetti di profilo (umidità o spessore), l'avvolgimento non farà altro che accentuarli, rendendo il difetto permanente e difficilmente correggibile.

- Sono state controllate le pressioni di avvolgimento al pope (leve primarie e secondarie)
- Sono state verificate e adeguate le velocità delle varie zone della macchina controllando tiri, celle di carico e scorrimenti.

Allestimento

Le bobinatrici non hanno la capacità di migliorare la carta e, d'altra parte, se il rotolo prodotto dalla macchina continua non è perfetto, si può solo cercare di attenuare il difetto presente:

- Sono state aggiornate le curve di accelerazione e decelerazione della bobinatrice.
- Sono state create nuove ricette nei casi non ci fosse uno standard operativo.

Le modifiche operative

L'applicazione del metodo non si è limitata a interventi di manutenzione straordinaria, ma ha portato ad una profonda revisione della macchina, creando delle procedure standard (SOP) per le produzioni più sensibili e per la sicurezza. L'analisi delle migliorie ha permesso di creare una ricetta di produzione standardizzata, da utilizzare in tutti i tipi di carta.

Esempio di standardizzazione: la procedura per il lavaggio dei feltri

Poiché un drenaggio disomogeneo nella sezione presse può essere una delle cause di fasce di umidità, è stata quindi creata una nuova Procedura Operativa Standard (SOP) che prevede:

- Novità e sostituzione programmata: utilizzo di ugelli in rubino da 0,7 mm (altamente resistenti all'usura), da sostituire ad ogni cambio del feltro o della tela.
- Controllo dell'oscillazione: verifica periodica della corsa di movimento delle canne AP per garantire un lavaggio omogeneo su tutta la fascia.
- Ispezione a ogni turno: controllo visivo dei getti d'acqua da parte del conduttore utilizzando una luce radente, per individuare immediatamente ugelli deviati o ostruiti.
- Pulizia preventiva: azionamento per ogni turno della spazzola interna alle canne AP, in modo da spurgare le impurità prima che blocchino i fori.

Questa standardizzazione assicura che i feltri mantengano una permeabilità uniforme nel tempo, provando ad eliminare una delle variabili più critiche per la stabilità dimensionale del foglio.

PRINCIPALI RISCHI	
	FERITE DURANTE LA MANIPOLAZIONE DELLE VALVOLE
MATERIALE/STRUMENTI	

DPI aggiuntivi	
	Guanti contro rischi di natura meccanica antitaglio
DISPOSITIVI DI SICUREZZA	
	Guanti antitaglio

DISPOSIZIONI DI SICUREZZA PRIMA DI INIZIARE	
Indossare i Dispositivi di Protezione Individuale sopra evidenziati; Non indossare capi / accessori che possono essere afferrati (catenine, anelli,...) Verificare la presenza ed il corretto funzionamento dei dispositivi di sicurezza; Prima di iniziare il lavoro, accertarsi del buono stato dell'attrezzatura mediante ispezione del materiale.	
	

DISPOSIZIONI DI SICUREZZA DURANTE IL LAVORO	
Utilizzare l'attrezzatura secondo le istruzioni e l'addestramento ricevuti (fare rif. al Manuale d'uso disponibile); È fatto divieto assoluto di intervenire (per modifiche) sui dispositivi di sicurezza dell'attrezzatura	
COMPIERE CON POST SECCHERIA FERMA	OPERAZIONE DA

MODALITA' OPERATIVE

- | | | | | |
|---|---|--|---|---|
| 1 |  | APRIRE LA VALVOLA DI SCARICO |  | FERITE DURANTE LA MANIPOLAZIONE DELLE VALVOLE |
| 2 |  | RUOTARE LA MANETTA CHE, COLLEGATA AD UNA SPAZZOLA, PULISCE LA CANNA INTERNAMENTE. RIPETERE L'OPERAZIONE PRECEDENTE PER 4 VOLTE TOTALI, 2 IN SENSO ORARIO E 2 IN SENSO ANTIORARIO |  | FERITE DURANTE LA MANIPOLAZIONE DELLE VALVOLE |
| 3 |  | CHIUDERE LA VALVOLA DI SCARICO |  | FERITE DURANTE LA MANIPOLAZIONE DELLE VALVOLE |

RF verifica _____	RSPP verifica _____
PMM approvazione _____	delegato funzionale DL approvazione _____

Esempio di procedura operativa standard, importante per la sicurezza.

3.4 ANALISI DEI DATI

A distanza di circa un anno dall'avvio del progetto sulla PM4, il gruppo di ricerca ha effettuato un bilancio conclusivo per misurare l'efficacia delle azioni intraprese.

L'analisi si è basata su due parametri fondamentali: i KPI interni di processo (misurati strumentalmente) e i feedback esterni (i reclami dei clienti).

Il miglioramento dei profili Tapio

L'estrapolazione dei dati di produzione ha mostrato risultati soddisfacenti. Nel complesso, la PM4 ha registrato un miglioramento della stabilità dei profili del 35,2% rispetto alla migliore performance storica mai registrata sulla macchina, e del 13,2% rispetto alla seconda migliore di sempre.

Impatto sul cliente

Il miglioramento numerico in macchina ha trovato una corrispondenza diretta col riscontro da parte dei clienti. Le bobine, risultando più regolari e con un profilo di avvolgimento uniforme, garantiscono al cliente trasformatore un'ottima macchinabilità.

3.5 RISCONTRI IN PM4

Il successo del progetto non risiede solo nel miglioramento di ogni fornitura di carta, ma nel cambiamento culturale avvenuto in reparto. La gestione della PM4 è passata da un approccio puramente pratico (dove l'operatore modificava i parametri in base all'istinto o all'esperienza visiva) a un approccio basato sul dato scientifico. Le manovre sono state codificate in Procedure Operative Standard, dimostrando che la planarità è governabile se si controlla l'intero processo.

Analisi dei dati ad un anno di distanza

L'adozione del metodo ha generato una netta inversione di tendenza:

- Riduzione della frequenza: il numero assoluto di segnalazioni da parte dei trasformatori ha subito un abbattimento drastico. Questo dimostra che l'eliminazione delle fasce longitudinali di umidità ha effettivamente impedito la formazione di difetti in bobina durante la lavorazione.
- Riduzione dei volumi contestati: oltre al numero di reclami, si è ridotto il tonnellaggio di carta resa o declassata. Le bobine madri, caratterizzate da una durezza di avvolgimento ottimale, permettono ora alle bobinatrici di lavorare a massima velocità senza formazione di difetti, garantendo al cliente un foglio omogeneo dall'inizio alla fine del rotolo.
- Riduzione dei danni pagati per i reclami: i soldi spesi per i reclami sono diminuiti drasticamente, segno che ora la qualità è migliore.

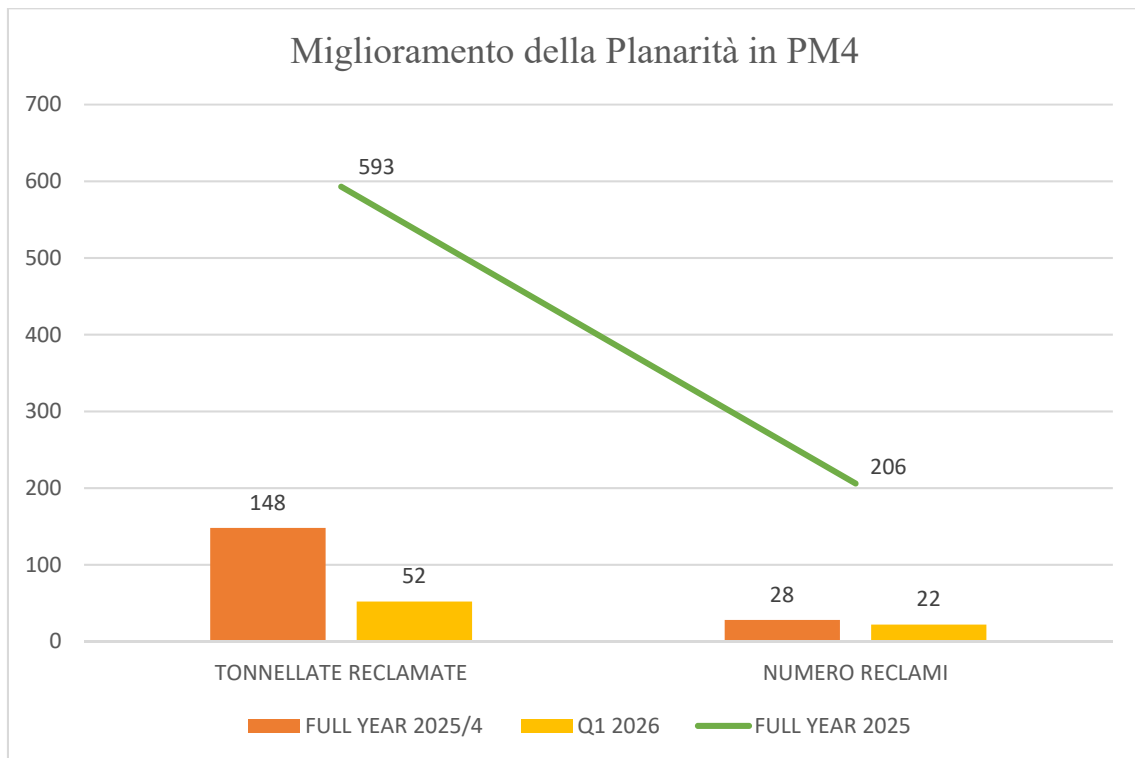


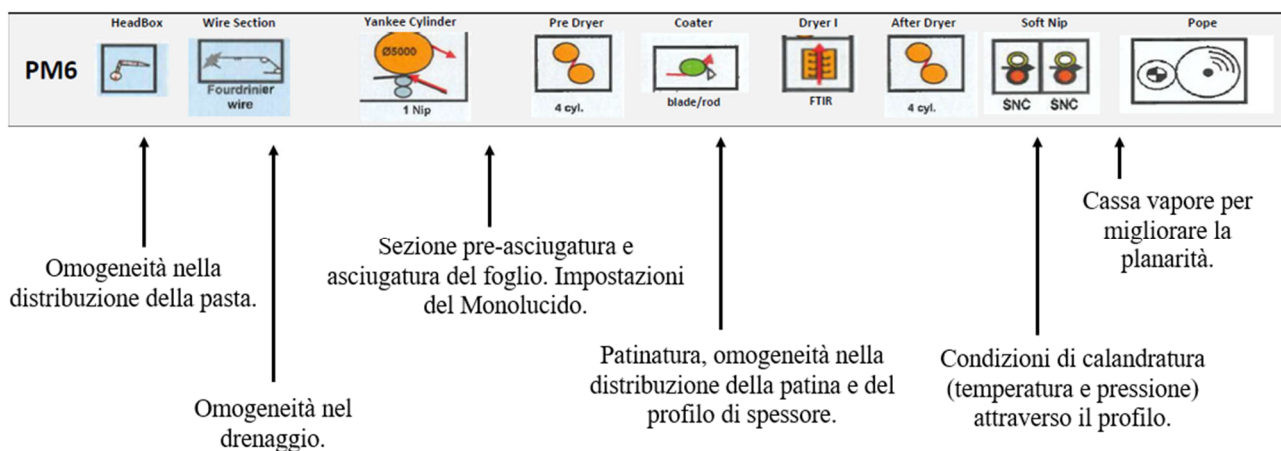
Grafico della Planarità in PM4, (confronto anno 2025, quadrimestre 2025 e primo quadrimestre 2026).

L'analisi comparativa ad un anno di distanza stabilisce il successo delle modifiche. Il problema della planarità sulla PM4 non è stato semplicemente nascosto, ma risolto alla radice intervenendo sull'equilibrio termo-igrometrico e meccanico della carta. La diminuzione dei costi di non conformità giustifica ampiamente gli investimenti fatti in manutenzione e tecnologia. Raggiunto questo standard di eccellenza, l'azienda ha deciso di provare a migliorare la qualità della planarità anche dell'altra macchina continua, PM6, utilizzando lo stesso approccio della PM4, sebbene le due macchine continue siano molto diverse tra loro.

4. ESPORTARE IL MODELLO IN PM6

4.1 CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA DELLA PM6

La macchina continua PM6 è un impianto dedicato alla produzione di carte speciali, caratterizzate da grammature di 40-70 g/m². È stata installata nel 2007 da parti di una macchina continua del gruppo Cham Paper (in Svizzera) e altre parti nuove. Rispetto alla PM4, il layout della macchina differisce nella sezione di asciugatura, perché è installato un cilindro monolucido (Yankee), che modifica sia la dinamica dell'asciugamento sia la gestione delle tensioni strutturali del foglio. Il processo produttivo si può dividere nelle seguenti aree:



Struttura PM6.

Parte umida e sezione presse

Il processo di formazione ha inizio con una cassa d'afflusso idraulica Valmet (profilo meccanico, con martinetti regolabili dal DCS). Successivamente, la disidratazione meccanica avviene in una sezione presse altamente specifica e compatta.

La prima pressa è una vent-nip operante con un carico lineare di 40 N/mm. La seconda e la terza pressa lavorano invece a diretto contatto contro il cilindro monolucido, applicando pressioni crescenti di 50 N/mm e 90 N/mm. Queste pressioni possono rappresentare un punto critico per l'innescio di tensioni disomogenee.

Asciugamento

Il cuore termico dell'impianto è il cilindro monolucido, avvolto da un sistema di cappe ad aria calda. In questa fase il foglio subisce uno shock termo-meccanico, la faccia a contatto con il manto caldo del cilindro viene lisciata e lucidata. Questo processo genera la doppia faccia del foglio. Prima dei trattamenti superficiali, il foglio attraversa una breve pre-seccheria, che ha la funzione di stabilizzare termicamente il supporto.

Patinatura e post-seccheria

Il foglio entra nel patinatore, che può lavorare sia con lama sia con barretta. È attrezzato per stendere non solo la patina, ma anche specifiche soluzioni barrieranti. Per asciugarsi il foglio passa prima le cappe IR per fissare rapidamente il prodotto, poi attraversa la post-seccheria, per raggiungere umidità finale desiderata.

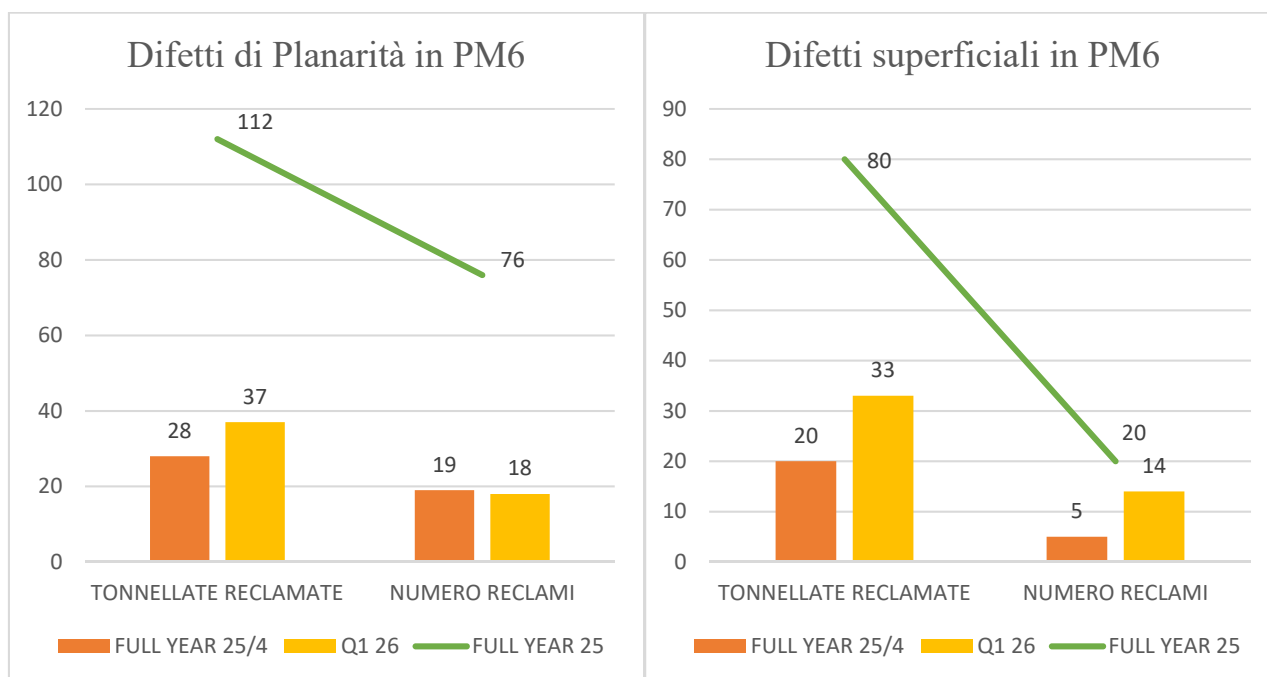
Calandratura e fine macchina

L'ultima fase del processo, prima dell'avvolgimento sul Pope, è dedicata alla finitura superficiale. La carta attraversa due Soft Calander posizionate in successione. In quest'area di fine macchina è presente anche una cassetta vapore che, applicando del vapore in superficie, ottimizza il profilo di umidità, provando a migliorare l'avvolgimento della carta al pope.

Il problema della planarità in PM6

Nonostante l'ottimizzazione della PM4 avesse portato a standard qualitativi migliori, la PM6 presentava criticità croniche legate alla stabilità del foglio. Il problema non era solo estetico, ma anche funzionale, la carta presentava difetti che rendevano difficili le successive lavorazioni in bobinatrice e di conseguenza anche quelle dei trasformatori.

Il raggiungimento degli standard qualitativi sulla PM4 ha dimostrato che la planarità non è una variabile imprevedibile, ma un parametro di processo che può essere controllato attraverso l'applicazione delle analisi dei dati e di metodo standard. Grazie alla riduzione dei reclami e del miglioramento accertato della stabilità dei profili, si è deciso di replicare il modello PM4 sulla PM6.



È apparso subito chiaro che non sarebbe bastato un semplice copia e incolla dei parametri già definiti, soprattutto perché la PM6 presenta un assetto impiantistico diverso.

4.2 DIFFERENZE TECNOLOGICHE TRA PM4 E PM6 E IL LORO IMPATTO SULLA PLANARITÀ

Sebbene l'obiettivo finale sia lo stesso, il processo produttivo della PM6 si differenzia sensibilmente da quello della PM4. Comprendere queste differenze è stato il primo passo per identificare le variabili critiche su cui agire.

Sistema di drenaggio e formazione

La PM6 è più sensibile alle variazioni di drenaggio nella tavola piana. Un drenaggio asimmetrico in formazione, combinato con l'asciugatura quasi immediata del monolucido, può provocare la distribuzione non uniforme delle fibre e dei carichi, creando una base instabile che con i passaggi successivi è difficile da correggere.

Cilindro monolucido (Yankee)

Una differenza strutturale rilevante risiede nel sistema di essiccazione. Mentre la PM4 utilizza una batteria di cilindri essiccatori tradizionali che rimuovono l'umidità uniformemente sul foglio, la PM6 è provvista di un cilindro monolucido (Yankee) di grandi dimensioni.

- Effetto sulla struttura fibrosa: nel monolucido, il foglio viene pressato meccanicamente contro la superficie calda del cilindro da un lato solo. Questo crea un'asimmetria: il lato a contatto con il metallo diventa molto liscio (effetto monolucido), mentre il lato opposto rimane più poroso (lato feltro).
- Tensioni interne: questa asimmetria termica e meccanica genera tensioni interne molto più elevate rispetto alla PM4. Se l'evaporazione non è perfettamente bilanciata, le fibre sui due lati del foglio subiscono ritiri differenti, rendendo il nastro molto sensibile al fenomeno dell'arricciamento (curling) o alla formazione di altri difetti una volta avvolto.
- Questo cilindro, qualche anno fa, a causa di una lappatura/rettifica, è stato degradato per lavorare a 4 bar di pressione a differenza dei 5 bar utilizzati normalmente. Questo ha provocato una lieve modifica dell'aspetto superficiale e una leggera diminuzione delle velocità standard.

Cappe del monolucido

Un altro elemento della PM6 è il sistema di cappe ad aria calda che avvolge il monolucido.

- Influenza dei soffiatori: se nella PM4 la planarità dipende molto dal bilanciamento dei cilindri della post-seccheria, nella PM6 il profilo di umidità è pesantemente influenzato dall'uniformità degli ugelli delle cappe, che devono essere sempre ben puliti, un'occlusione o un disallineamento dei soffiatori può creare delle fasce di umidità longitudinali.
- Differenza di velocità: la PM6 opera a velocità inferiori (circa 350-560 m/min contro i 550-800 m/min della PM4). Tuttavia, il tempo di contatto forzato sul monolucido fissa l'orientamento delle fibre (TSO) e il profilo di umidità in una fase molto precoce del processo, riducendo lo spazio di manovra per le correzioni nelle fasi successive.

Parametri di controllo (liscio del monolucido)

La PM6 deve gestire una variabile aggiuntiva, il grado di liscio del foglio.

- Sulla PM6 bisogna bilanciare la planarità con l'estetica della faccia lucidata. Le manovre che mirano ad aumentare il liscio (maggiore pressione o temperatura sul monolucido) potrebbero entrare in conflitto con la stabilità del foglio, innescando dei difetti di bordi molli, gonfie, trivelle.

4.3 FORMAZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO

Per affrontare questa nuova sfida, l'azienda ha applicato nuovamente la metodologia Lean, istituendo un nuovo team di lavoro dedicato. Il gruppo è stato strutturato in modo da garantire una visione completa sul processo. Il team ha riunito le competenze di figure chiave dello stabilimento (controllo qualità e innovation, responsabili di produzione, ingegneri del processo e tecnici della manutenzione meccanica ed elettrica).

Definizione del nuovo obiettivo

La prima azione è stata la definizione del problema. L'analisi dello storico produttivo ha evidenziato che i difetti di instabilità dimensionale sulla PM6 si manifestavano in modo critico su una famiglia di carte specifica, la gamma Innerliner Classic (in particolare sulle grammature 50 e 70 g/m²). Si sono presi in esame proprio questi tipi di carta perché, con questi, si producono rotoli di grandi dimensioni in bobinatrice.

Difetti riscontrati

Dalle prime analisi e analizzando i reclami dei clienti, sono emersi alcuni difetti principali che penalizzavano la produzione, in particolare per alcuni tipi di carta:

- Bordi molli: una perdita di tensione ai lati della bobina, può causare pieghe durante il taglio.
- Fasce di umidità: disomogeneità longitudinali lungo la larghezza del foglio.
- Gonfie: tensioni del foglio che creavano lievi pieghe sulla bobina.
- Trivelles: deformazioni diagonali che tiravano il foglio in modo asimmetrico.

Evidenza dei dati del Tapio

Per misurare la situazione, si sono utilizzati i dati del Tapio, che analizza il profilo di durezza e la geometria delle bobine dopo il taglio in bobinatrice. I risultati hanno confermato che la planarità non era in linea con gli standard richiesti.

- Innerliner Classic 50 g/m²: sebbene la grammatura leggera fosse più gestibile, i dati mostravano una percentuale di bobine buone/accettabili all'81,8%. Tuttavia, la produzione riscontrava molto spesso trivelles o profili irregolari, soprattutto nei primi rotoli di ogni fabbricazione, indicando una forte instabilità iniziale. Bisognava quindi ricorrere alla gestione dei profili umidi durante tutta la produzione, perché variavano molto spesso.
- Innerliner Classic 70 g/m²: il vero problema è emerso con la grammatura più pesante. I riscontri del Tapio hanno registrato un crollo qualitativo: in alcuni lotti, solo il 45% delle bobine risultava conforme. In altri casi, la percentuale di successo non superava il 48%.

Il sistema Tapio evidenziava una deviazione standard della durezza estremamente elevata. Questo significava che la macchina non lavorava omogeneamente.

Obiettivo

L'obiettivo è stato:

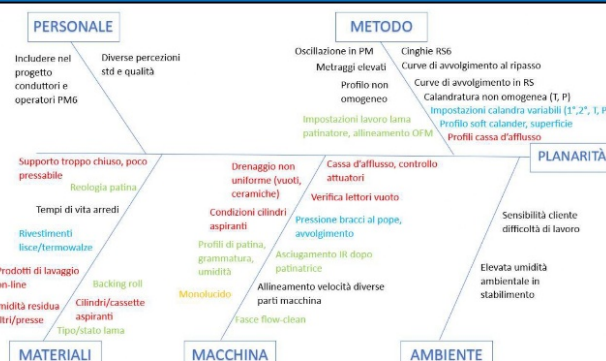
- Ridurre drasticamente i reclami dei clienti legati alla planarità per la linea Innerliner Classic.
- Ottenere questo risultato qualitativo mantenendo l'efficienza della macchina, ovvero senza aumentare le percentuali di scarto interno per difetti.

4.4 AREE E STRATEGIE DI INTERVENTO

Il team ha strutturato lo studio anche questa volta dividendo la macchina in diversi settori e assegnando per ogni punto una metodologia di lavoro rigorosa:

- Area: la sezione della macchina oggetto di analisi.
- Azione: l'obiettivo dell'intervento.
- Cosa (Attività pratica): l'operazione tecnica specifica da eseguire.
- Chi (Responsabilità): il tecnico o il reparto incaricato a gestire le attività.

Nelle prime fasi, è stata definita la logica delle azioni correttive immediate, volte a stabilizzare il processo in marcia.

A3 TEMPLATE					
	TITLE	Planarità PM6	DATE	2026	
	OWNER	BB	TEAM	GDM, FL, BB, EB, GB, CZ, Conduttori	
PLAN - BACKGROUND		PLAN - FUTURE STATE			
N° di reclami e scarto aumento a causa della presenza di pieghe e bordi duri. DATI DISPONIBILI con indicazioni sul formato: profili di UR e grammatura in PM6. Focus: Innerliner Classic 50 gsm.		Descrizione dello stato futuro (cosa si propone e perché)			
PLAN - DESCRIZIONE DEL PROBLEMA		Dal brainstorming sono emerse azioni eseguite, in corso e programmate, riassunte in tab.			
Fasce di umidità, gonfie, trivelle, bordi molli					
PLAN - DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO		DO - IMPLEMENTATION PLAN			
Ridurre i reclami per planarità/bordi molli. Non aumentare lo scarto per planarità in PM6.		N°	ATTIVITA'	CHI	QUANDO
		1	Prevedere regolazione elettronica/meccanica 1/anno (ultima 2 anni fa)	FL/GDM	preventivo
		2	Mandato campioni ad Andritz, verificare col fornitore.	FL	in corso
		3	Verificare con IBS tavola piana	GDM	marzo
		4	Verifica correttezza lettori vuoto	OFM	marzo
		5	fare dima per azzerramento patinatore	FL/OFM	marzo
		6	Dal 18/02 in uso prodotto Aquaflex.	FL	in corso
		7	Pulizia cilindro aspirante pick-up	FL/OFM	aprile
		8	Pulizia prima pressa monolucido	FL/OFM	aprile
		9	Allineamento e revisione paraformati	FL	in corso
		10	Analisi rivestimento monolucido	FL/OFM	marzo
		11	Misura profili di umidità.	FL/BB	in corso
CHECK & ACT		Spiegazione di come si intende assicurare il mantenimento del nuovo stato			

A3 template usato per iniziare il brainstorming.

AREA	AZIONI	12/03/2026		15/04/2026	
		COSA	CHI	COSA	CHI
Cassa d'afflusso	controllo attuatori	prevedere regolazione elettronica/meccanica 1/anno (ultima 2 anni fa)	FL	Chiesto preventivi	GDM
	regolazione ponti (controllo con ponte 2)	misura profili di grammatura e spessore su TJ Drive o su apertura testa su Classic preferibilmente.	FL+BB	in corso. Prendere campioni in avviamento.	FL+GDM
	registrare profili di cassa (bordi) durante produzione ed eventuali cambi	definire coi conduttori scrittura delle impostazioni e curve. Comparazione con situazione al taglio.	FL	In corso. Analizzare dati delle fabbricazioni fatte	FL+GDM
	revisione labbro con Valmet				
	controllo mapping CA				
	Controllo TSO				
Tavola piana	allineamento paraformati	richiedere intervento Valmet	FL	priorità 2	
	revisione paraformati	richiedere intervento Valmet			
	elementi drenaggio (ad agosto)				
	formazione diagonale da circa 2 anni	mandato campioni ad Andritz, verificare col fornitore.	FL	DA DARE AGGIORNAMENTI FL	
	controllo posizionamento cantilever (castagna/ceolato)	verificare con IBS a marzo	GDM	DA FARE	
	Controllo aspirante tela	cambio nella prossima fermata con cambio tela			
	pulizia cassette: metodo diverso e più efficiente?				
	chiusura di tutte le spine inutili				
Presse parte umida	danneggiamento rivestimento materiale	rivedere analisi recenti	GDM	Ordine per rifare rivestimento pressa monolucido (2 gg); altri rivestimenti ok.	
	verifica correttezza lettori vuoto	verifica correttezza lettori vuoto	OFE	Le misure dei lettori su tavola piana sono ok.	
	aspirante pick up			Pulito e revisionato il 15/04/26	
Spine alta pressione	cambio ugelli				
	bonifica del tubo da filtro a ugelli				
	messa a trend fermata funzionamento				
	cambio materiale supporto				
	verifica corsa (piano soprattutto)				
	prove con prodotti di lavaggio	dal 18/02 in uso prodotto Aquaflex. Domani taglio feltro pickup e analisi fornitore.	FL	Feedback analisi domani.	FL
	Verificare possibilità di mettere a trend pressioni e allarme per fermata spine.		FL	Pianificata riunione con OFE	GDM
Feltri	prova con piano diverso (trattato)				
	aumentare frequenza scanpro	Analisi del pick allo smontaggio	FL		
	cambio cilindri guida feltro				
Monolucido	ugelli delle cappe che soffiano se sono puliti e soffianti				
	canna acqua bordi stacco				
	survey cilindro	analisi esito survey	FL+GDM	Rivestimento da lappare.	FL+GDM
Patinatore	problemi di azzeramento	fare dima	OFM+GDM	Fatto	
		fare attuatori con riferimento	OFM+GDM	In corso OFM.	
		fatta procedura con lama BTG			
		Verificare con BTG possibilità di procedura con lama su floclean	FL		
	verifica stato dell'applicatore				
	eventuale cambio backing roll				
Profili	Umidità	misura profili di umidità su TJ Drive o su apertura testa.	FL+BB		
Post-secchiera	controllo tele essicatrici				
	cambio cilindro guida carta a sensore F2118				
	ugelli del CB turn controllare che soffi bene				

Tabella delle aree di intervento, delle azioni analizzate e degli aggiornamenti (associata all'A3 template).

Soft calander	Ore di lavoro del rivestimento	Analisi Tapio su Classic durante la vita delle liscie. Confronto utilizzando rugosità e lucido.	BB		
	Regolazione nip				
	Celle di carico prima calandra da revisionare				
	Verificare influenza del tiro manuale/automatico				
Pope	Pressione leve				
	Rivestimento pope				
	Tempi oscillazione e frequenza				
Cassa vapore	Regolazione ugelli				
	Installazione nuova cassa				
	Profili di umidità non uniformi allo scarico del tamburo				

Tabella delle aree di intervento, delle azioni analizzate e degli aggiornamenti (associata all'A3 template).

Area cassa d'afflusso e formazione

L'obiettivo in questa zona è garantire che l'impasto di fibre si stenda con un profilo di grammatura e orientamento ottimale, minimizzando le tensioni che il processo andrebbe poi a creare.

- Standardizzazione profili di cassa: definizione di procedure standard per le impostazioni dei profili e degli attuatori della cassa d'afflusso per ogni tipo di carta. Verificare sempre al taglio in bobinatrice la possibile correlazione tra difetti di planarità e profili della cassa d'afflusso.
- Controllo e manutenzione attuatori: l'operazione di regolazione elettronica e meccanica degli attuatori è stata proposta con cadenza annuale. Questa decisione previene la staratura meccanica del labbro, garantendo che le tolleranze e le precisioni sul profilo di rimangono stabili.
- Revisione labbro e para-formati: è stato messo a programma l'intervento dei tecnici Valmet per la revisione del labbro della cassa d'afflusso e il perfetto allineamento dei para-formati, elementi importanti per risolvere il difetto di formazione diagonale.
- Analisi TSO: Per risolvere problemi storici di formazione diagonale, soprattutto a LT di PM6.

Area tavola piana e drenaggio

Un drenaggio non uniforme crea zone con diverse densità d'acqua, che si trasformano in fasce di umidità.

- Pulizia e ottimizzazione: chiusura delle spine inutili e adozione di un metodo di pulizia delle cassette aspiranti più efficiente durante le fermate.

- Vuoti e aspirazioni: il cambio del sistema di controllo della cassa aspirante tela è stato inserito come azione prioritaria per garantire da subito una rimozione dell'acqua più uniforme.
- Verifica dell'efficienza del sistema del vuoto.
- Formazione diagonale: pianificato delle verifiche col fornitore.

Area presse e feltri

Una rimozione omogenea dell'acqua per pressione è fondamentale per arrivare all'umidità giusta al monolucido.

- Ottimizzazione lavaggio feltri (pick-up e piano): proposta la sostituzione degli ugelli ad alta pressione, bonifica dei tubi e introduzione del lavaggio continuo con un prodotto chimico specifico. Questa azione garantisce che il feltro rimanga permeabile e scarichi l'acqua in modo uniforme, evitando la formazione di fasce di umidità.
- Analisi del feltro: allo smontaggio controllato per verificare l'usura e l'intasamento.
- Verifica lettori vuoto: controllo sistematico della correttezza dei sensori di vuoto per evitare letture falsate che porterebbero a regolazioni errate della pressa.

Area monolucido (Yankee)

Il cuore della PM6, dove l'asimmetria termica deve essere controllata con la massima precisione.

- Manutenzione Cappe: verifica della pulizia degli ugelli soffianti delle cappe. Un'ostruzione parziale causa un asciugamento a fasce che può generare difetti.
- Controllo stacco bordi: ottimizzazione della canna dell'acqua per lo stacco dei bordi per evitare strappi o tensioni laterali.

Area patinatore

La stesura della patina aggiunge umidità, quindi va a bagnare ancora il foglio appena asciugato, qualora non fosse fatto in modo uniforme, potrebbe creare difetti. La carta deve avere la struttura giusta per accettare la patina e legarsi.

- Standardizzazione azzeramento: creazione di una dima meccanica e di una procedura di azzeramento precisa, per garantire che la lama o la barretta del patinatore lavori con la stessa pressione su tutto il profilo.
- Monitoraggio meccanico: controllo periodico dello stato di salute degli attuatori di regolazione e verifica del backing roll per evitare asimmetrie nella fase di patinatura.

- Survey del patinatore: è stata avviata l'organizzazione di una ispezione di manutenzione straordinaria approfondita da parte di un fornitore, per verificare il perfetto funzionamento del gruppo di spalmatura e valutare l'eventuale sostituzione del cilindro di supporto (backing roll) e le condizioni del cilindro applicatore.
- Gestione stensore ad aria (CB turn): definizione di nuove impostazioni per il CB turn (in particolare per grammature leggere), verificare che il soffiaggio sia uniforme (ugelli puliti). È stato proposto di valutare lo spostamento fisico dello stensore.
- Cilindro guida carta: verificare il corretto funzionamento per diminuire ed eliminare la creazione della "gonfia del patinatore".
- Post-seccheria: implementare un piano di controllo delle tele essiccatrici.

Fine macchina

In questa fase conclusiva, l'obiettivo è verificare che gli organi di finitura non formino nuove tensioni o difetti e controllarli con i sistemi di diagnosi, per confermare la stabilità dei profili prima dell'invio all'allestimento.

- Soft-calander: tenere monitorate le ore di lavoro del rivestimento e revisionare le celle di carico. Provare a lavorare con differenti condizioni di temperatura e pressione.
- Cassa vapore: si è deciso per il montaggio di una nuova cassa vapore installata nella medesima posizione di quella esistente. Nel frattempo, considerato che i profili di umidità non sono regolari allo scarico del tamburo, si è deciso di controllare la regolazione degli ugelli.
- Pope: controllato il rivestimento del cilindro e le pressioni delle leve. È stato definito un piano di prove per cambiare le impostazioni di oscillazione della bobina, al fine di vedere quali siano le impostazioni migliori.\

4.5 INTERVENTI PROGRAMMATI E MANUTENTIVI

Per stabilizzare i risultati ottenuti e risolvere i problemi rilevati, il team ha pianificato una serie di interventi a medio e lungo termine, legati alle fermate d'impianto e alla collaborazione con i fornitori esterni.

Manutenzione preventiva e frequenza

- Attuatori cassa d'afflusso: la regolazione elettronica e meccanica, precedentemente eseguita due anni prima, è stata programmata con cadenza annuale per prevenire spostamenti meccanici del labbro.

- Celle di carico: è stata programmata la revisione sistematica delle celle di carico della calandra per garantire che le letture di pressione siano sempre affidabili e simmetriche.
- Soft-calander: a seguito di prove specifiche, il team ha deciso di non intervenire sulle regolazioni della calandra (pressione/temperatura), poiché i test hanno dimostrato che tali manovre non hanno impatto risolutivo sulla planarità.



Prima pressa del monolucido smontata, per valutare l'usura e lo sporco

Interventi specialistici

- Revisione cassa d'afflusso: è stato messo a budget l'intervento dei tecnici specializzati per la revisione del labbro e l'allineamento dei para-formati.
- Analisi tela e feltri: è stato programmato l'invio di campioni a laboratori di fornitori esterni per uno studio approfondito sulla struttura fibrosa della carta come effetto di tela e feltri utilizzati.
- Valutazione IBS: è stata programmata una verifica del posizionamento del sistema cantilever della tavola piana per escludere vibrazioni strutturali che influenzano il drenaggio.
- Survey patinatore: è stata organizzata una manutenzione straordinaria del gruppo di spalmatura per valutare la sostituzione del cilindro backing-roll.

Investimenti e migliorie impiantistiche

- Nuova cassa vapore: l'azienda ha deliberato l'installazione di una nuova cassa vapore di ultima generazione. Questo investimento permetterà una distribuzione dell'umidità più precisa rispetto al sistema attuale, agendo come stabilizzatore delle fasce di umidità residue.
- Elementi drenanti: controllo, revisione o sostituzione dei foils (ceramiche).

4.6 VALUTAZIONI PRELIMINARI E PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO

L'ottimizzazione di una linea produttiva complessa come la PM6 non si termina in un breve periodo, ma richiede un approccio per fasi. Nonostante l'installazione di nuovi componenti impiantistici e le grandi revisioni strutturali (intervento dei fornitori) siano state calendarizzate per interventi futuri, il progetto ha già prodotto dei riscontri positivi, validando la bontà della strada intrapresa.

In questa fase, la valutazione del progetto si articola su due livelli: l'analisi dei risultati immediati derivanti dalle modifiche di processo (breve periodo) e la definizione dei KPI per il monitoraggio a lungo termine. Molto fortunatamente il cliente che richiede le carte testate, ha una comunicazione costante con l'azienda e fornisce feedback relativamente in poco tempo.

Primi riscontri operativi

Le azioni correttive applicabili a macchina in marcia, quali la standardizzazione dei profili, l'azzeramento mirato della lama del patinatore e l'ottimizzazione del lavaggio feltri, hanno generato un impatto immediato sulla stabilità del foglio.

La prova concreta di questo miglioramento è stata riscontrata dal sistema Tapio. Come evidenziato dall'abbassamento e dalla stabilizzazione della deviazione standard della durezza, il team è riuscito a limitare le alterazioni del profilo.

L'eliminazione dei picchi di tensione anomala ha ridotto drasticamente la comparsa dei difetti più critici per la runnability, dimostrando che il modello PM4, seppur riadattato, potrebbe essere efficace anche in PM6.

Impatto sul metodo di lavoro

Oltre ai dati tecnici, un primo risultato fondamentale è di natura metodologica. Prima, la gestione della planarità in PM6 avveniva spesso per tentativi, variando ad esempio i profili della cassa d'afflusso, la linea dell'acqua sulla tavola piana o altri tentativi, senza reali benefici. Oggi, il reparto lavora con procedure standardizzate e con un approccio maggiormente basato sulle esperienze precedenti. Le cause dei difetti sono state formalizzate e ogni operatore e conduttore sa esattamente su quali parametri agire. Questo cambio di mentalità rappresenta per l'azienda un valore aggiunto molto importante.

Protocollo di monitoraggio per gli interventi futuri

Essendo il progetto uno strumento di miglioramento continuo, il team ha stabilito su quali parametri basarsi per valutare l'impatto degli investimenti futuri, una volta che questi saranno

implementati. Per dichiarare definitivamente risolto il problema della planarità sulla PM6, l'azienda si potrà basare sui seguenti riscontri.

- Analisi Tapio: mantenimento stabile della deviazione standard al di sotto del limite definito.
- Statistica reclami: monitoraggio accurato delle segnalazioni dei clienti relative ai reclami più frequenti.
- Scarti: misurazione percentuale delle bobine scartate o declassate in sala taglio per difetti riconducibili alla planarità.

Attraverso questi parametri, lo stabilimento potrà avere la conferma oggettiva che gli interventi di miglioramento abbiano portato il beneficio sperato, chiudendo la ricerca iniziata con questo studio.

5. CONCLUSIONI

5.1 IMPATTO DEL PROGETTO

Il percorso intrapreso all'interno dello stabilimento, prima con il progetto sulla PM4 e successivamente con la complessa estensione sulla PM6, ha dimostrato che la planarità della carta non è una variabile del tutto incontrollabile. Attraverso l'applicazione di una metodologia di controllo e l'analisi strumentale dei dati, è stato possibile migliorare un difetto cronico rendendolo un parametro verificabile.

I benefici di questo approccio non si sono limitati alla sola macchina continua, ma si sono propagati a cascata su tutta la catena aziendale, soprattutto dal reparto che per primo subisce le conseguenze di una cattiva planarità, cioè l'allestimento.

5.2 RUOLO DELL'ALLESTIMENTO

Le bobinatrici e le ribobinatrici rappresentano una lente di ingrandimento della cartiera. Operando a velocità nettamente superiori rispetto alle macchine continue, queste, amplificano qualsiasi difetto strutturale del foglio.

Limiti delle manovre in bobinatrice

Nelle fasi precedenti, si tendeva spesso a richiedere la correzione dei difetti di avvolgimento agli operatori dell'allestimento. Tuttavia, si è dimostrato che difficilmente una bobinatrice, per quanto avanzata, può raddrizzare un foglio nato con difetti di umidità o tensioni asimmetriche in macchina continua. Gli operatori in allestimento possono ottimizzare le curve di tiro (tensione del foglio), velocità, forza di avvolgimento, rulli allargatori e oscillazione, ma di fronte a dei difetti particolari, la bobinatrice sarà costretta a scartare molta carta.

Benefici ottenuti

Stabilizzando la planarità il reparto allestimento ha registrato un immediato miglioramento. L'arrivo di bobine madri "decenti" ha permesso alle bobinatrici di lavorare alle velocità di target, riducendo drasticamente le rotture e i fermi macchina dovuti a difetti di avvolgimento.

5.3 RISULTATI: QUALITÀ, SCARTI E COSTI

Allargando lo sguardo all'intero sistema aziendale, il progetto ha centrato i tre obiettivi fondamentali stabiliti nella fase di definizione:

Miglioramento della qualità

Il miglioramento degli standard, certificato anche dai report del Tapio, si è tradotto in una qualità del prodotto superiore. L'eliminazione dei bordi molli e delle fasce di umidità sulla carta ha interrotto la catena dei reclami da parte dei clienti. Le tipografie e i trasformatori ricevono ora rotoli migliori, che garantiscono una buona macchinabilità e precisione di registro durante i processi di accoppiamento o stampa ad alta velocità.

Riduzione degli scarti

Il problema della planarità si può considerare veramente affrontato quando la riduzione dei reclami dei clienti non comporta un aumento dello scarto interno. Infatti, il successo delle misure implementate deve portare ad una gestione interna alla cartiera per cui non si produce scarto e il cliente riceve solo carta buona. Nello specifico, aver rimosso le cause alla radice dei difetti ha portato a:

- Meno rotture in macchina: un foglio con tensioni bilanciate si rompe molto meno nei passaggi critici.
- Meno reclami in allestimento: la percentuale di bobine da ripassare o da scartare in bobinatrice si è ridotta drasticamente, confermando l'aumento della qualità.

Ottimizzazione dei costi

La combinazione tra maggiore qualità e minori scarti ha generato un evidente ritorno economico per lo stabilimento. Ogni tonnellata di carta scartata per problemi di planarità rappresentava uno spreco enorme non solo di materie prime (cellulosa e chimica), ma soprattutto di energia termica (vapore) ed energia elettrica (motori). Ottimizzare il processo ha significato abbassare il costo di produzione per tonnellata vendibile, e potrebbe aver anche giustificato i futuri investimenti manutentivi e tecnologici programmati.

5.4 CONSIDERAZIONI FINALI

In conclusione, questo lavoro di tesi vorrebbe dimostrare l'enorme contributo dato dal passaggio da una mentalità antica e di reazione, cioè correggere il difetto quando si presenta, spesso in modo parziale, ad una mentalità moderna ed attiva, cioè standardizzare il processo, pianificare la manutenzione su dati oggettivi e misurare con strumenti adeguati. L'azienda

non possiede oggi solo due macchine continue più efficienti, ma soprattutto un metodo di lavoro organizzato, in grado di garantire una qualità ottimale anche per il futuro.

Il completamento delle azioni correttive e l'abbattimento della variabilità non rappresentano il punto di arrivo di questo studio, ma l'inizio della sua fase molto più delicata. Il lavoro più impegnativo sarà d'ora in avanti il consolidamento di questi standard, garantendo attraverso il monitoraggio continuo che il processo non subisca nuove derive nel tempo.

6. BIBLIOGRAFIA

Testi scientifici e manuali di tecnologia cartaria

- Cecilia Land (2010). Baggy paper webs: Effect of uneven moisture and grammage profiles in different process steps. Karlstad University, Sweden. (Tesi di riferimento per difetti riscontrati nella produzione della carta, nello specifico per la planarità).
- Holik, H. (2013). Handbook of Paper and Board, Second Edition. Wiley-VCH. (Testo di riferimento per l'impiantistica e l'asciugamento della carta).
- Smook, G. A. (2016). Handbook for Pulp and Paper Technologists, Fourth Edition. TAPPI Press. (Riferimento fondamentale per la fisica delle fibre e i processi di patinatura).
- Manuali di stampa. (per capire i difetti di stampabilità).
- Appunti e dispense del corso di Tecnologia Cartaria. Istituto San Zeno, Associazione Formazione Cartaria (Verona). (Riferimento per l'analisi dei difetti di planarità e la stabilità dimensionale del foglio).

Metodologia Lean e Problem Solving

- Shook, J. (2008). Managing to Learn: Using the A3 Management Process to Solve Problems. Lean Enterprise Institute. (Testo base per l'applicazione del Metodo A3 utilizzato nei casi studio aziendali).

Documentazione tecnica e aziendale

- Sappi Italy Operations s.p.a.: documentazione tecnica interna, layout Impiantistici PM4 e PM6, procedure operative standard (SOP) e report A3. (Dati raccolti durante il periodo di tirocinio e lavoro presso lo stabilimento di Carmignano di Brenta).