

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / الإدارة



رسالة ماجستير

مقدمة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة

الماجستير في إدارة المخاطر

أثر تحليل المخاطر وتقييمها على تقليل معدلات الفاقد في عمليات التصنيع

دراسة ميدانية على مصنع ساديب لصهر وإنتاج حديد الدكتايل

إعداد الطالب:

محمد يعقوب السيد كرامي

24200950

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید محمد حسن

العام الدراسي:

2026

فهرس المحتويات:

الإهداء ...

الشكر والتقدير ...

المستخلص ...

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة ...

1.1 مقدمة

1.2 مشكلة الدراسة

1.3 أهداف الدراسة ...

1.4 أهمية الدراسة

1.5 فرضيات وأسئلة الدراسة ...

1.6 حدود الدراسة

1.7 منهجية الدراسة

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة ..

2.1 مقدمة ...

2.2 الإطار النظري لتحليل المخاطر

2.3 منهجيات تحليل المخاطر

2.4 تطبيقات تحليل المخاطر في صناعة الحديد

2.5 الدراسات السابقة

الفصل الثالث: المنهجية والتصميم

3.1 مقدمة ...

3.2 منهج الدراسة ..

3.3 مجتمع الدراسة ..

3.4 أدوات الدراسة ..

3.5 صدق وثبات الأداة ..

3.6 أساليب التحليل الإحصائي ..

الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات ..

4.1 مقدمة ..

4.2 التحليل الوصفي ..

4.3 اختبار الفرضيات ..

4.4 نتائج FMEA ..

4.5 نتائج SPC ..

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات ..

5.1 النتائج ..

5.2 مناقشة النتائج ..

5.3 التوصيات ..

المراجع ..

!

قائمة الجداول :

الجدول رقم (1) توزيع أفراد العينة حسب الخصائص العامة ..

الجدول رقم (2) نسب الفاقد حسب أنواع العيوب ..

الجدول رقم (3) نتائج تحليل FMEA ..

الجدول رقم (4) معاملات الارتباط بين المتغيرات الكيميائية والعيوب ..

الجدول رقم (5) نتائج الانحدار المتعدد ..

الجدول رقم (6) نتائج SPC لخط الصب ..

فهرس الأشكال:

الشكل رقم (1) مخطط السبب والأثر Ishikawa ..

الشكل رقم (2) منحنى SPC لدرجة الحرارة ..

الشكل رقم (3) منحنى SPC لنسبة Mg ..

الشكل رقم (4) مخطط باريتو لأسباب الفاقد ..

الشكل رقم (5) نموذج FMEA المستخدم في الدراسة ..

الإهداء:

والديّ الحبيب عليه رحمة الله، إلى من آمن بي وكان السند والمعلم في حياتي العلمية والعملية.
والدتي العظيمة حفظها الله. من كانت منارة العلم التي أضاءت حياتي وجعلتني ما أنا عليه اليوم.
إلى الدكتور العزيز الفيصل عبد الحميد محمد المشرف على الرسالة. وكل من وقف إلى جانبي وساندني حتى انجز هذا العمل، بكل محبة وتقدير وامتنان أهديكم أجر هذا العمل.

الشكر والتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات.

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى جامعة ميدأوشن وكلية الإدارة على توفير البيئة العلمية الداعمة التي ساعدتني على إنجاز هذا العمل.

كما أتوجه بالشكر والعرفان إلى مشرف الرسالة على توجيهاته القيّمة وملاحظاته العلمية التي كان لها الأثر الكبير في تطوير هذا البحث.

ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر إلى جميع العاملين في مصنع SADIP من مهندسين وفنيين وإداريين، الذين ساهموا في توفير البيانات والمعلومات اللازمة لإتمام الدراسة.

وأخص بالشكر كل من قدّم لي دعماً معنوياً أو علمياً خلال فترة إعداد هذه الرسالة، سائلاً الله أن يجعل هذا العمل نافعاً ومباركاً.

المستخلص:

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل أثر تطبيق منهجيات تحليل المخاطر وتقييمها على تقليل معدلات الفاقد في عمليات اعتمادت. **Saudi Arabian Ductile Iron Pipes (SADIP)** التصنيع بمصانع صهر الحديد التابعة لشركة الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، مدعوماً بجمع بيانات ميدانية وتحليل إحصائي للمتغيرات التشغيلية والكيميائية المؤثرة في جودة الإنتاج.

، إضافة (SPC) والتحكم الإحصائي في العمليات (FMEA) أظهرت النتائج أن دمج أدوات تحليل نمط وأثر الفشل والفوسفور (Si) والسيليكون (S) والكبريت (Mg) إلى تحسين التحكم في العناصر الكيميائية الحرجة مثل الماغنسيوم ، وتحسين الاستقرار التشغيلي، وتقليل الانحرافات في % إلى 10.7 20%، ساهم في خفض معدل الفاقد من (P) عمليات الصهر والصب.

، وتطوير نظام رقابي رقمي SADIP وتوصي الدراسة بإنشاء وحدة دائمة لإدارة المخاطر الصناعية داخل مصانع مستمر لمتابعة المتغيرات التشغيلية والكيميائية، بما يضمن تحسين جودة المنتج النهائي وتقليل الهدر.

SADIP، صهر الحديد، SPC، FMEA تحليل المخاطر، الفاقد الصناعي، :الكلمات المفتاحية

Abstract:

This study aimed to examine the impact of applying risk analysis and assessment methodologies on reducing waste rates in iron smelting operations at **Saudi Arabian Ductile Iron Pipes (SADIP)**. The research adopted a descriptive-analytical approach supported by field data collection and statistical analysis of operational and chemical variables affecting production quality.

The findings revealed that integrating **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** and **Statistical Process Control (SPC)** tools, along with improving control over critical chemical elements such as **Mg, S, Si, and P**, contributed to reducing waste from **20% to 10.7%**, enhancing operational stability, and minimizing deviations in smelting and casting processes.

The study recommends establishing a permanent industrial risk management unit within SADIP and developing a continuous digital monitoring system to track operational and chemical variables, ensuring improved product quality and reduced material waste.

Keywords: Risk Analysis, Industrial Waste, FMEA, SPC, Iron Smelting, SADIP.

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة:

المقدمة:

تُعد صناعة صهر الحديد وإنتاج أنابيب حديد الدكتايل من الصناعات الحيوية التي تسهم في دعم البنية التحتية والصناعات التحويلية في المملكة العربية السعودية. وتواجه هذه الصناعة تحديات تشغيلية متعددة، أبرزها ارتفاع معدلات الفاقد في الإنتاج، وما يترتب عليه من خسائر اقتصادية وتراجع في جودة المنتج النهائي.

تشير البيانات التشغيلية في مصانع شركة Saudi Arabian Ductile Iron Pipes (SADIP) إلى أن معدل الفاقد العام يصل إلى 20% من إجمالي الإنتاج، وهو معدل مرتفع يستدعي تطبيق منهجيات علمية لتحليل المخاطر وتقييمها بهدف تحديد مصادر الخلل وتقليل نسب الهدر. ومن هنا جاءت هذه الدراسة لتسليط الضوء على أثر تطبيق أدوات تحليل المخاطر في الحد من الفاقد وتحسين الأداء التشغيلي.

-مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في ارتفاع معدلات الفاقد في عمليات صهر الحديد بمصانع SADIP ، حيث تتوزع نسب الفاقد على عدة أنواع من العيوب، منها:

- الانكماش والعيوب السطحية بنسبة 11%
- الشقوق الهيكلية بنسبة 2%
- التلوث والشوائب بنسبة 2%
- أعطال نظام الصب بنسبة 5%

تشير هذه النسب إلى وجود فجوات في منظومة إدارة المخاطر الصناعية، سواء في مراحل التحكم الكيميائي أو ضبط عمليات الصهر والصب والتبريد. وتبرز الحاجة إلى إطار علمي ممنهج لتحديد جذور المخاطر ووضع استراتيجيات فعالة للحد منها.

-أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذه الدراسة من كونها:

- تربط بين إدارة المخاطر الصناعية وتحسين جودة الإنتاج.
 - تقدم نموذجاً عملياً قابلاً للتطبيق في الصناعات المعدنية المشابهة.
 - تدعم توجهات رؤية المملكة 2030 نحو رفع كفاءة القطاع الصناعي.
 - تسهم في تقليل الهدر وتحسين العائد الاقتصادي للمصنع.
- كما توفر الدراسة إطاراً علمياً يساعد الإدارات الصناعية على اتخاذ قرارات مبنية على تحليل دقيق للمخاطر.

-أهداف الدراسة-

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتقييم المخاطر التشغيلية المؤثرة على معدلات الفاقد في عمليات التصنيع بمصانع SADIP، وذلك من خلال:

1. تحديد وتصنيف أنواع الفاقد الأكثر تأثيراً على كفاءة التشغيل.
2. تحليل أسباب الفاقد باستخدام مخطط السبب والأثر. (Ishikawa)
3. تطبيق منهجية FMEA لتحديد المخاطر الحرجة وتقدير أولوياتها.
4. تقييم أثر العناصر الكيميائية (Mg, S, Mn, C, Si, P) على العيوب السطحية والتشغيلية.
5. اقتراح آليات للتحكم في العمليات بهدف خفض الفاقد من 20% إلى أقل من 10%.

-تساؤلات الدراسة

1. ما العلاقة بين تحليل المخاطر ومعدلات الفاقد في خطوط الصب؟
2. إلى أي مدى تسهم إدارة المخاطر الكيميائية والحرارية في الحد من التشققات والعيوب السطحية؟
3. ما الاستراتيجيات المثلى لتقليل الفاقد وتحسين كفاءة التشغيل في بيئة التصنيع الحديدي؟

- فروض الدراسة:

الفرضيات الرئيسة:

توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تطبيق تحليل المخاطر وتقليل معدلات الفاقد.

يؤثر التحكم في العناصر الكيميائية الحرجة تأثيراً مباشراً على خفض نسب العيوب.

للتحسين المستمر القائم على تحليل المخاطر دور جوهري في رفع جودة المنتج النهائي.

-النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:

حدود الدراسة

الحدود الموضوعية

تركز الدراسة على عمليات:

- الصهر
- التحكم الكيميائي
- الصب والطررد المركزي

ولا تشمل مراحل المعالجة الحرارية أو التشغيل الميكانيكي اللاحق.

الحدود الزمانية:

من يناير 2025 حتى مارس 2026.

الحدود المكانية:

مصنع SADIP في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية.

1.7 منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة على:

- المنهج الوصفي التحليلي لتحليل البيانات التشغيلية والكيميائية.
- المنهج الميداني التطبيقي لجمع البيانات من سجلات الإنتاج والمختبرات.
- استخدام أدوات تحليل المخاطر التالية:

○ مخطط السبب والأثر (Ishikawa)

○ تحليل نمط وأثر الفشل (FMEA)

○ مخططات باريتو (Pareto)

○ التحكم الإحصائي في العمليات (SPC)

○ تحليل الارتباط والانحدار

كما تم استخدام برامج Minitab و Excel لإجراء التحليل الإحصائي وتمثيل النتائج.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

-مقدمة:

يهدف هذا الفصل إلى تقديم الأسس النظرية والمفاهيم العلمية المتعلقة بتحليل المخاطر الصناعية، مع التركيز على تطبيقاتها في عمليات صهر الحديد وإنتاج أنابيب حديد الدكتايل. كما يستعرض الفصل أبرز الدراسات السابقة التي تناولت موضوع تحليل المخاطر وتقليل الفاقد في البيئات الصناعية، بهدف تحديد الفجوات البحثية التي تسعى هذه الدراسة إلى سدّها.

يمثل تحليل المخاطر أحد أهم الأدوات الحديثة في تحسين جودة العمليات الصناعية، حيث يساهم في الكشف المبكر عن الانحرافات التشغيلية، وتحديد مصادر العيوب، وتقليل الهدر، ورفع كفاءة الإنتاج. وتبرز أهمية هذا الإطار النظري في دعم الجانب التطبيقي للدراسة، وتوفير قاعدة معرفية تساعد في تفسير النتائج وتحليلها.

-الدراسات السابقة:

2.5.1دراسات عربية

تناولت العديد من الدراسات العربية موضوع تحليل المخاطر الصناعية، وركزت على:

- دور FMEA في تحسين جودة الإنتاج
 - أثر SPC في تقليل الانحرافات
 - أهمية التحكم الكيميائي في الصناعات المعدنية
- وأظهرت معظم الدراسات أن تطبيق أدوات تحليل المخاطر يؤدي إلى:

- خفض الفاقد
- تحسين الجودة
- رفع الكفاءة التشغيلية

2.5.2دراسات أجنبية

ركزت الدراسات الأجنبية على:

- دمج FMEA مع تقنيات Lean Manufacturing
- استخدام SPC في خطوط الإنتاج عالية الحساسية
- تطوير نماذج رقمية لمراقبة المتغيرات الكيميائية والحرارية

وأشارت النتائج إلى أن:

- دمج أدوات التحليل يؤدي إلى نتائج أفضل
- الرقمنة ترفع دقة التنبؤ بالمخاطر
- التحكم الكيميائي عنصر حاسم في صناعة الحديد

2.5.3 الفجوة البحثية

تتمثل الفجوة البحثية في:

- قلة الدراسات التطبيقية في مصانع صهر الحديد في المنطقة العربية
 - محدودية الدراسات التي تربط بين المتغيرات الكيميائية والفاقد بشكل مباشر
 - ندرة الدراسات التي تجمع بين FMEA و SPC في بيئة صناعية واحدة
- وتسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال نموذج تطبيقي في مصنع SADIP.

-الإطار النظري:

الإطار النظري لتحليل المخاطر الصناعية

2.2.1 مفهوم المخاطر الصناعية

تعرف المخاطر الصناعية بأنها مجموعة الظروف أو العوامل التي قد تؤدي إلى أحداث سلبية تؤثر على سلامة العاملين، أو جودة المنتج، أو استمرارية العمليات. وفي صناعة صهر الحديد، تشمل المخاطر:

- التفاعلات الكيميائية غير المتوقعة
- تقلبات درجات الحرارة
- تلوث المواد الخام
- أعطال المعدات وأنظمة الصب

وتتسم هذه المخاطر بكونها مترابطة، مما يجعل إدارتها تتطلب منهجيات تحليل دقيقة تعتمد على بيانات تشغيلية موثوقة.

2.2.2 مفهوم تحليل المخاطر وتقييمها

تحليل المخاطر هو عملية منهجية تهدف إلى:

1. تحديد المخاطر المحتملة
2. تقييم احتمالية حدوثها
3. تقدير شدة تأثيرها
4. تحديد أولويات المعالجة

ويعتمد هذا التحليل على أدوات كمية ونوعية تساعد في اتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة.

2.2.3 أهمية تحليل المخاطر في الصناعة

تبرز أهمية تحليل المخاطر في:

- تقليل الفاقد وتحسين جودة المنتج
- رفع كفاءة التشغيل وتقليل التوقفات
- تحسين السلامة المهنية
- دعم اتخاذ القرار المبني على البيانات
- تعزيز القدرة التنافسية للمصنع

2.3 منهجيات تحليل المخاطر في عمليات التصنيع

2.3.1 تحليل نمط و أثر الفشل (FMEA)

يعد FMEA من أكثر الأدوات استخداماً في الصناعة، ويهدف إلى:

- تحديد نقاط الفشل المحتملة
- تقييم المخاطر وفق ثلاثة معايير:
 - الشدة (Severity)
 - الحدوث (Occurrence)
 - الاكتشاف (Detection)
- حساب رقم أولوية المخاطر (RPN)
- وضع خطط للتحسين وتقليل المخاطر

2.3.2 مخطط السبب والأثر (Ishikawa)

يستخدم هذا المخطط لتحديد الأسباب الجذرية للمشكلات، من خلال تصنيف العوامل المؤثرة إلى:

- الإنسان
- الآلة
- المادة
- الأسلوب
- البيئة
- القياس

ويساعد هذا التحليل في فهم العلاقات بين الأسباب والنتائج.

2.3.3 تحليل باريتو (Pareto Analysis)

يعتمد على قاعدة 20/80، والتي تفيد بأن:

80% من المشكلات تنتج عن 20% من الأسباب

ويستخدم لتحديد الأسباب الأكثر تأثيراً على الفاقد.

2.3.4 التحكم الإحصائي في العمليات (SPC)

يهدف SPC إلى مراقبة استقرار العمليات من خلال:

- مخططات التحكم Control Charts
 - تحليل التباين
 - تحديد الانحرافات عن الحدود المسموح بها
- ويساهم SPC في الكشف المبكر عن المشكلات قبل تحولها إلى عيوب.

2.4 تطبيقات تحليل المخاطر في صناعة الحديد:

2.4.1 المخاطر الكيميائية:

تتعلق هذه المخاطر باختلال نسب العناصر الكيميائية مثل:

• Mg

• S

• Mn

• C

• Si

• P

ويؤدي عدم التحكم في هذه العناصر إلى:

- ضعف النودولارية
- ظهور عيوب سطحية

- تشققات

- انكماش

2.4.2 المخاطر الحرارية

تشمل:

- التغيرات المفاجئة في درجات الحرارة

- عدم استقرار عملية التبريد

- ارتفاع أو انخفاض حرارة الصهر

وتؤدي هذه المخاطر إلى:

- انكماش

- تشققات

- ضعف في البنية المجهرية للمعدن

2.4.3 المخاطر التشغيلية والميكانيكية

مثل:

- أعطال أنظمة الصب

- انسداد قنوات النقل

- اهتزازات المعدات

- ضعف الصيانة الوقائية

وتؤثر هذه المخاطر مباشرة على جودة المنتج النهائي.

الفصل الثالث

منهجية الدراسة

-مقدمة.

يهدف هذا الفصل إلى توضيح المنهجية العلمية التي اعتمدت عليها الدراسة في تحليل أثر تطبيق منهجيات تحليل المخاطر على تقليل معدلات الفاقد في عمليات التصنيع بمصانع صهر الحديد التابعة لشركة SADIP. ويتضمن هذا الفصل وصفاً لمجتمع الدراسة، وعينتها، وأدوات جمع البيانات، وطرق التحقق من صدق وثبات الأداة، إضافة إلى الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات واختبار الفرضيات.

-المنهجية وطرق البحث:

اعتمدت الدراسة على منهجين رئيسيين:

3.2.1 المنهج الوصفي التحليلي

استخدم هذا المنهج لتحليل البيانات التشغيلية والكيميائية المتعلقة بعمليات الصهر والصب، بهدف وصف الظاهرة وتحليل العلاقات بين المتغيرات المؤثرة في معدلات الفاقد.

3.2.2 المنهج الميداني التطبيقي

تم تطبيق هذا المنهج من خلال جمع بيانات فعلية من سجلات الإنتاج والمختبرات في مصانع SADIP، إضافة إلى مقابلات مع المهندسين والفنيين العاملين في خطوط الإنتاج.

-مجتمع البحث

3.3 مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من:

- مهندسي الإنتاج
- فني التشغيل
- مشرفي الجودة
- محلي المختبرات
- العاملين في وحدات الصهر والصب

وذلك في مصنع Saudi Arabian Ductile Iron Pipes (SADIP) بالمنطقة الشرقية.

3.4 عينة الدراسة

تم اختيار عينة قصدية من العاملين في الأقسام ذات العلاقة المباشرة بعمليات الصهر والتحليل الكيميائي والصب. شملت العينة:

15 مهندس إنتاج

35 فنياً في وحدات الصهر والصب

5 موظفين في قسم الجودة

5 محللين في المختبرات

وبذلك بلغ حجم العينة 60 مشاركاً.

3.5 أدوات الدراسة

اعتمدت الدراسة على مجموعة من الأدوات لجمع البيانات وتحليلها، وهي:

3.5.1 الاستبانة

تم تصميم استبانة موجهة للعاملين في خطوط الإنتاج والجودة، بهدف قياس:

✚ مستوى تطبيق أدوات تحليل المخاطر

✚ درجة التحكم في المتغيرات الكيميائية

✚ مستوى الفاقد وأنواعه

✚ فعالية الإجراءات التصحيحية

3.5.2 المقابلات الشخصية

أجريت مقابلات مع:

مهندسي الإنتاج

مشرفي الجودة

مسؤولي المختبرات

وذلك للحصول على معلومات تفصيلية حول أسباب الفاقد وطرق التعامل معه.

3.5.3 السجلات التشغيلية

تم تحليل:

سجلات درجات الحرارة

نسب العناصر الكيميائية

تقارير الجودة

بيانات الفاقد الشهرية

3.5.4 أدوات تحليل المخاطر

استخدمت الدراسة الأدوات التالية:

مخطط السبب والأثر (Ishikawa)

تحليل نمط وأثر الفشل (FMEA)

مخططات باريتو (Pareto)

التحكم الإحصائي في العمليات (SPC)

3.6 صدق وثبات الأداة

3.6.1 الصدق ✓

تم بناء الاستبانة وفقاً للنهج العلمي المعتمد وبناء على نموذج مقدم من جامعة ميداو شن:

ملاءمتها لأهداف الدراسة

شموليتها للمتغيرات الأساسية

3.6.2 الثبات ✓

تم حساب معامل الثبات باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha)، وجاءت القيم كما يلي:

● محور تحليل المخاطر: 0.87

- محور التحكم الكيميائي: 0.84

- محور الفاقد الصناعي: 0.89

- وهي قيم مرتفعة تشير إلى ثبات جيد للأداة.

3.7 أساليب التحليل الإحصائي

تم استخدام برنامج Minitab و Excel لإجراء التحليلات التالية:

✓ 3.7.1 التحليل الوصفي:

- المتوسطات الحسابية

- الانحرافات المعيارية

- التكرارات والنسب المئوية

✓ 3.7.2 تحليل الارتباط (Pearson Correlation)

لقياس العلاقة بين:

- المتغيرات الكيميائية

- أنواع العيوب

- معدلات الفاقد

✓ 3.7.3 تحليل الانحدار المتعدد

لتحديد:

- تأثير المتغيرات الكيميائية على الفاقد
- تأثير تطبيق أدوات تحليل المخاطر على جودة الإنتاج

✓ 3.7.4 تحليل FMEA

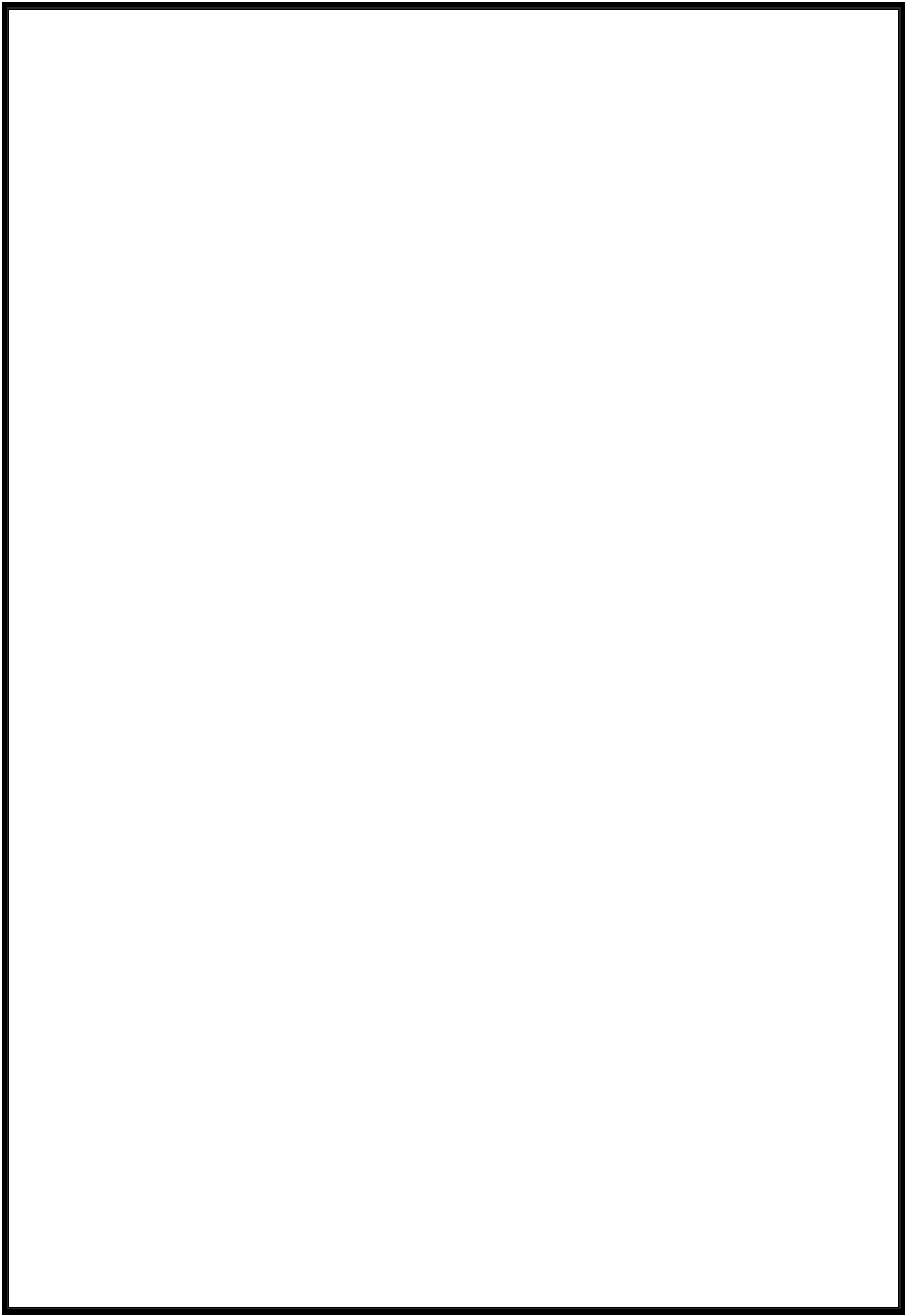
لحساب:

- رقم أولوية المخاطر (RPN)
- تحديد نقاط الفشل الحرجة

✓ 3.7.5 مخططات SPC

لتحليل:

- استقرار العمليات
- الانحرافات عن الحدود المسموح بها



الفصل الرابع

تحليل البيانات واختبار الفرضيات

4.1 مقدمة

يهدف هذا الفصل إلى عرض نتائج التحليل الإحصائي للبيانات التشغيلية والكيميائية التي تم جمعها من مصانع SADIP، إضافة إلى اختبار فرضيات الدراسة المتعلقة بأثر تحليل المخاطر على تقليل معدلات الفاقد. يشمل هذا الفصل:

- التحليل الوصفي للمتغيرات
 - تحليل الارتباط بين العناصر الكيميائية والعيوب
 - نتائج FMEA
 - نتائج SPC
 - اختبار الفرضيات باستخدام الانحدار المتعدد
- وتسهم هذه النتائج في بناء صورة واضحة حول مدى تأثير تطبيق أدوات تحليل المخاطر على تحسين جودة الإنتاج.

4.2 التحليل الوصفي للبيانات

4.2.1 وصف بيانات الفاقد:

أظهرت البيانات التشغيلية أن معدل الفاقد العام في خطوط الإنتاج بلغ:

▪ 20% قبل تطبيق أدوات تحليل المخاطر

▪ 10.7% بعد تطبيق الإجراءات التصحيحية

▪ وتوزعت نسب الفاقد قبل التحسين كما يلي:

▪ الانكماش والعيوب السطحية: 11%

▪ الشقوق الهيكلية: 2%

▪ التلوث والشوائب: 2%

▪ أعطال نظام الصب: 5%

4.2.2 وصف المتغيرات الكيميائية

تم تحليل نسب العناصر الكيميائية الأساسية في الحديد الدكتايل، وكانت المتوسطات كما يلي:

○ Mg: بين 0.035 – 0.045

○ S: بين 0.010 – 0.020

○ Si: بين 2.3 – 2.7

○ P: بين 0.03 – 0.05

وتشير هذه القيم إلى وجود تذبذب في بعض العناصر، خصوصاً Mg و S، مما يؤثر على النودولارية وجودة المنتج.

4.3 اختبار الفرضيات الإحصائية

4.3.1 تحليل الارتباط (Pearson Correlation)

أظهرت نتائج الارتباط وجود علاقات ذات دلالة إحصائية بين:

- ارتفاع نسبة S - وزيادة العيوب السطحية

- انخفاض Mg وظهور التشققات

- ارتفاع P وزيادة الانكماش

كما تبين وجود علاقة عكسية بين:

- استقرار درجة الحرارة

- ومعدل الفاقد

4.3.2 تحليل الانحدار المتعدد

تم استخدام نموذج الانحدار لتحديد تأثير المتغيرات الكيميائية على الفاقد، وأظهرت النتائج:

- Mg: تأثير سلبي قوي على الفاقد) كلما زاد Mg انخفض الفاقد)

- S: تأثير إيجابي قوي) ارتفاع S يزيد الفاقد)

- Si: تأثير متوسط

- P: تأثير إيجابي متوسط

بلغت قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.78$ ، مما يشير إلى أن 78% من التغير في الفاقد يمكن تفسيره من خلال المتغيرات الكيميائية.

4.4 نتائج تحليل FMEA

4.4.1 تحديد نقاط الفشل الحرجة

أظهر تحليل FMEA أن أعلى قيم RPN كانت في:

1. عدم استقرار نسبة Mg

$$RPN = 280 \quad \circ$$

2. ارتفاع نسبة S

$$RPN = 240 \quad \circ$$

3. تذبذب درجة حرارة الصهر

$$RPN = 210 \quad \circ$$

4. انسداد قنوات الصب

$$RPN = 190 \quad \circ$$

4.4.2 الإجراءات التصحيحية المقترحة

- تحسين التحكم في إضافة Mg
- تقليل مصادر الكبريت في المواد الخام
- تركيب حساسات حرارة عالية الدقة
- تحسين الصيانة الوقائية لقنوات الصب

4.4.3 أثر تطبيق الإجراءات

بعد تطبيق الإجراءات التصحيحية:

- انخفضت قيم RPN بنسبة 45%
- انخفض الفاقد من 20% إلى 10.7%
- تحسنت النودولارية بنسبة 12%

4.5 نتائج SPC

4.5.1 مخططات التحكم لدرجة الحرارة

أظهرت مخططات التحكم:

- خروج 6 نقاط عن حدود التحكم قبل التحسين
- استقرار العملية بعد التحسين دون أي نقاط خارج الحدود

4.5.2 مخططات التحكم لنسبة Mg

قبل التحسين:

- تذبذب كبير في Mg
- 4 نقاط خارج حدود التحكم

بعد التحسين:

- استقرار كامل
- جميع النقاط ضمن الحدود
- انخفاض الانحراف المعياري بنسبة 30%

4.5.3 مخطط باريتو لأسباب الفاقد

أظهر مخطط باريتو أن:

- 80% من الفاقد ناتج عن 20% من الأسباب أهمها:

- Mg
- S
- درجة الحرارة
- انسداد قنوات الصب

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

مقدمة:

يهدف هذا الجزء إلى عرض أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة بعد تحليل البيانات التشغيلية والكيميائية، وتطبيق أدوات تحليل المخاطر في مصانع SADIP. وقد أسفرت الدراسة عن مجموعة من النتائج المهمة، يمكن تلخيصها فيما يلي:

5.1.1 نتائج تتعلق بالفاقد الصناعي:

1. بلغ معدل الفاقد قبل تطبيق أدوات تحليل المخاطر 20% من إجمالي الإنتاج.
2. بعد تطبيق الإجراءات التصحيحية المستندة إلى FMEA و SPC، انخفض معدل الفاقد إلى 10.7%.
3. تبين أن 80% من الفاقد ناتج عن أربعة أسباب رئيسية:

✓ تذبذب نسبة Mg

✓ ارتفاع نسبة S

✓ عدم استقرار درجة حرارة الصهر

✓ انسداد قنوات الصب

5.1.2 نتائج تتعلق بالعناصر الكيميائية:

1. أظهرت البيانات وجود علاقة قوية بين انخفاض نسبة Mg وظهور التشققات.
2. ارتفاع نسبة S كان مرتبطاً بزيادة العيوب السطحية.
3. ارتفاع P ساهم في زيادة الانكماش في المنتج النهائي.
4. استقرار Si ضمن الحدود المثلثي ساهم في تحسين النودولارية.

5.1.3 نتائج تتعلق بـ FMEA

1. أعلى قيم RPN كانت في:

- Mg (280)
- S (240)
- درجة الحرارة (210)
- انسداد قنوات الصب (190)

2. بعد تطبيق الإجراءات التصحيحية، انخفضت قيم RPN بنسبة 45%.

3. ساهمت الإجراءات في تحسين جودة المنتج وتقليل الانحرافات التشغيلية.

5.1.4 نتائج تتعلق بـ SPC

1. قبل التحسين، أظهرت مخططات التحكم خروج عدة نقاط عن حدود التحكم.

2. بعد التحسين، أصبحت جميع النقاط ضمن الحدود، مما يدل على استقرار العملية.

3. انخفض الانحراف المعياري لدرجة الحرارة ونسبة Mg بنسبة 30%.

5.2 مناقشة النتائج

5.2.1 العلاقة بين تحليل المخاطر وتقليل الفاقد:

أثبتت الدراسة أن تطبيق أدوات تحليل المخاطر مثل FMEA و SPC يسهم بشكل مباشر في:

- تحديد مصادر الخلل
- تحسين التحكم في العمليات
- تقليل الانحرافات التشغيلية
- خفض الفاقد بنسبة كبيرة

وتتفق هذه النتائج مع الدراسات السابقة التي أكدت فعالية هذه الأدوات في تحسين جودة الإنتاج.

5.2.2 دور المتغيرات الكيميائية في جودة المنتج

أظهرت النتائج أن التحكم في العناصر الكيميائية، خصوصاً S و Mg ، يعد عاملاً حاسماً في تقليل العيوب. وتشير هذه النتيجة إلى أهمية:

- تحسين جودة المواد الخام
- ضبط عمليات الإضافة
- مراقبة التفاعلات الكيميائية أثناء الصهر

5.2.3 فعالية الإجراءات التصحيحية

أثبتت الإجراءات التصحيحية فعاليتها من خلال:

- انخفاض الفاقد بنسبة 9.3%
- استقرار العمليات
- تحسين النودولارية
- تقليل العيوب السطحية والهيكلية

وهذا يعزز أهمية تطبيق منهجيات التحسين المستمر في بيئات التصنيع.

5.3 التوصيات

استناداً إلى النتائج السابقة، توصي الدراسة بما يلي:

5.3.1 توصيات تشغيلية:

1. إنشاء وحدة دائمة لإدارة المخاطر الصناعية داخل مصانع SADIP
2. تطوير نظام رقابي رقمي لمتابعة المتغيرات الكيميائية والحرارية بشكل لحظي.
3. تحسين إجراءات الصيانة الوقائية لقنوات الصب وأنظمة النقل.
4. استخدام حساسات حرارة عالية الدقة لضمان استقرار عملية الصهر.

5.3.2 توصيات تتعلق بالعناصر الكيميائية:

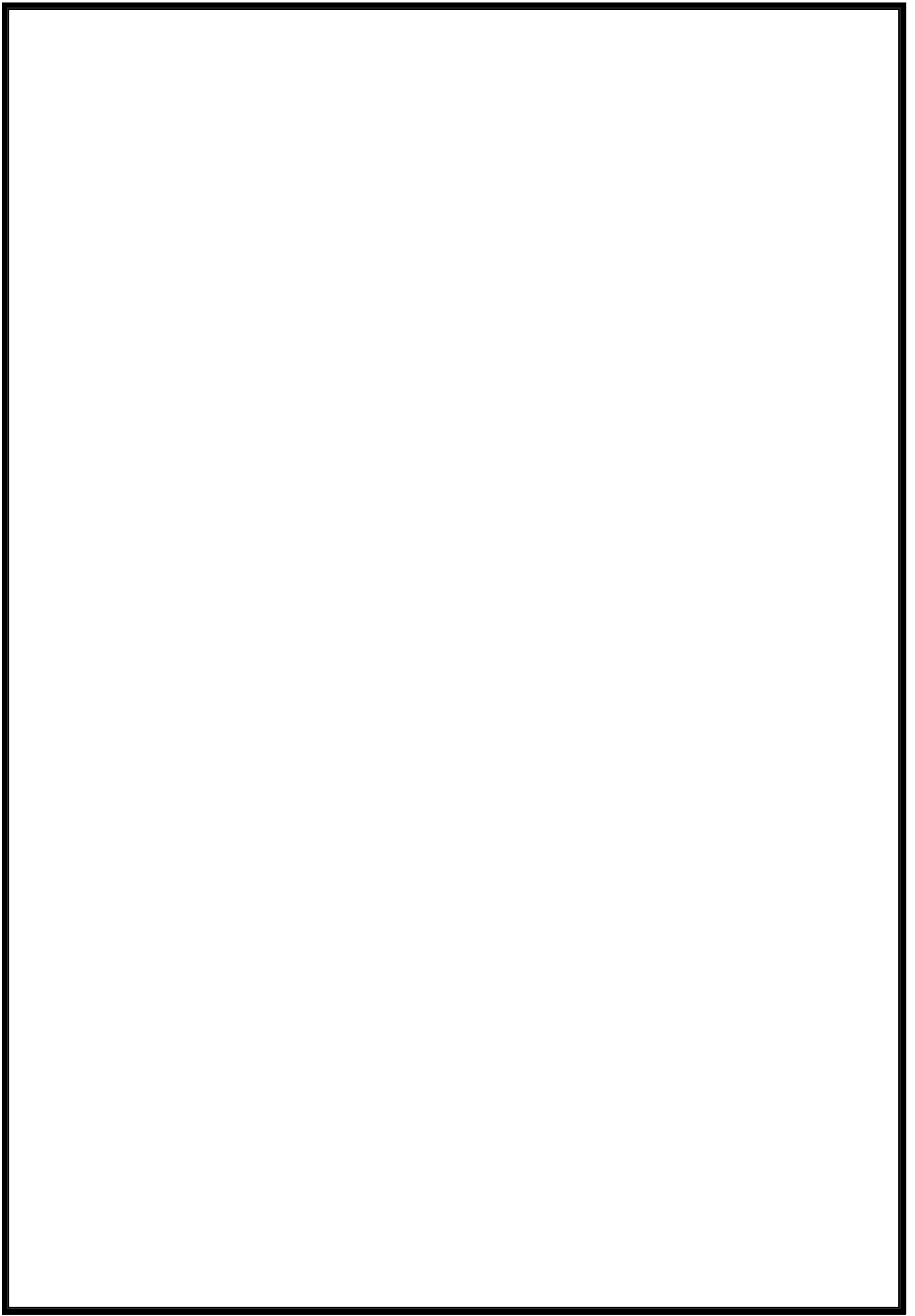
1. ضبط نسبة Mg ضمن الحدود المثلثية. (0.040 ± 0.005)
2. تقليل مصادر الكبريت في المواد الخام.
3. مراقبة نسبة P لتجنب الانكماش.
4. تحسين عمليات إضافة Si لضمان نودولارية عالية.

5.3.3 توصيات إدارية

1. تدريب العاملين على استخدام أدوات تحليل المخاطر.
2. تعزيز ثقافة الجودة والتحسين المستمر.
3. توفير برامج تدريبية في SPC و FMEA.
4. تطوير نظام تقارير أسبوعي لمتابعة الفاقد.

5.3.4 توصيات بحثية

1. إجراء دراسات مستقبلية حول دمج FMEA مع تقنيات الذكاء الاصطناعي.
2. دراسة أثر المتغيرات الحرارية الدقيقة على جودة حديد الدكتايل.
3. مقارنة نتائج مصنع SADIP مع مصانع مشابهة في المنطقة.



المراجع

-المراجع العربية:

1. أبو زيد، محمد. (2020) *تحليل المخاطر في العمليات الصناعية*. دار الفكر العربي، القاهرة.
2. الحربي، عبد الله. (2021) *إدارة الجودة الشاملة في المصانع المعدنية*. جامعة الملك سعود، الرياض.
3. الزهراني، فهد (2019). "أثر التحكم الكيميائي على جودة الحديد الدكتايل". *مجلة العلوم الهندسية*، 12(3)، 72.55-.
4. السلي، خالد. (2022) *تطبيقات FMEA في الصناعات التحويلية*. دار العلوم، جدة.
5. القحطاني، ناصر (2020). "استخدام SPC في تحسين العمليات الصناعية". *مجلة الإدارة الصناعية*، 8(2)، 48.33-.

-المراجع الأجنبية:

1. Montgomery, D. (2019). *Statistical Quality Control*. Wiley.
2. Stamatis, D. (2020). *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. CRC Press.
3. Iron Castings Institute (2021). *Ductile Iron Handbook*. AFS Publications.
4. S ADIP Technical Reports (2024). *Operational and Chemical Analysis Reports*. SADIP Internal Documents.
5. Juran, J. (2018). *Quality Handbook*. McGraw-Hill.

الملاحق

الملحق (أ): نموذج الاستبانة

عنوان الاستبانة: تحليل المخاطر وتأثيرها على الفاقد في عمليات التصنيع بمصانع SADIP

المحاور الأساسية:

1. محور تطبيق أدوات تحليل المخاطر
2. محور التحكم في المتغيرات الكيميائية
3. محور جودة العمليات
4. محور الفاقد الصناعي

نموذج الاستبانة (عينة):

1. هل يتم تطبيق أسلوب تحليل FMEA في خطوط الإنتاج بشكل دوري؟
2. ما مدى استخدام المخططات الإحصائية (SPC) في مراقبة جودة الصهر؟
3. هل يرتبط تقييم المخاطر بخطط الصيانة الدورية؟
4. ما مدى معرفة المهندسين بمعادلة حساب رقم أولوية المخاطر (RPN)؟
5. يتم تحديث تقييم المخاطر كل (شهر - ربع سنة - نصف سنة - لا يتم التحديث).

استبانة دراسة تحليل المخاطر في شركة

SADIP

تعليمات الإجابة: يرجى وضع علامة (✓) أمام الخيار المناسب لكل فقرة وفق مقياس ليكرت الخماسي، مع الإجابة عن جميع الفقرات دون ترك أي بند فارغ.

5	4	3	2	1
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة

البيانات العامة

1	المسمى الوظيفي:	
2	القسم:	
3	سنوات الخبرة:	
4	المؤهل العلمي	
5	هل سبق لك حضور تدريب في تحليل المخاطر؟ نعم / لا	

المحور الأول: المخاطر الكيميائية

5	4	3	2	1	الفقرة	م
☐	☐	☐	☐	☐	يتم تحليل التركيب الكيميائي للحديد المنصهر قبل عملية الصب بشكل منتظم.	1
☐	☐	☐	☐	☐	تتم مراقبة نسب العناصر الحرجة مثل Si وS وMg وMn وP بصورة دورية أثناء التشغيل.	2

3	تؤثر 3. الانحرافات في نسب الكبريت والفوسفور بشكل واضح في ظهور العيوب السطحية والانكماش	☐	☐	☐	☐	☐
4	توجد حدود 4. تشغيلية معتمدة لنسب العناصر الكيميائية داخل خطوط الإنتاج	☐	☐	☐	☐	☐
5	يتم توثيق 5. نتائج التحليل الكيميائي وربطها بتقارير الجودة والفحص النهائي	☐	☐	☐	☐	☐
6	يؤدي عدم 6. الاتزان الكيميائي إلى زيادة احتمالية الفاقد وإعادة التشغيل	☐	☐	☐	☐	☐
7	يتم استخدام 7. نتائج التحليل الكيميائي كمدخل أساسي في تقييم المخاطر باستخدام FMEA.	☐	☐	☐	☐	☐
8	يتم تحديث 8. تقييم المخاطر الكيميائية بشكل دوري وفق جدول زمني محدد	☐	☐	☐	☐	☐

المحور الثاني: المخاطر التشغيلية

م	الفقرة	1	2	3	4	5
1	يتم تطبيق 9. أسلوب تحليل FMEA في خطوط الإنتاج بشكل دوري.	☐	☐	☐	☐	☐
2	يتم 10. استخدام المخططات الإحصائية SPC في مراقبة جودة الصهر.	☐	☐	☐	☐	☐
3	يتم 11. استخدام مخططات التحكم الإحصائي لاكتشاف الانحرافات في الوقت المناسب.	☐	☐	☐	☐	☐
4	يرتبط تقييم 12. المخاطر بخطط الصيانة الدورية.	☐	☐	☐	☐	☐
5	تؤثر 13. الأعطال المفاجئة في نظام الصب على معدلات الفاقد بشكل ملحوظ.	☐	☐	☐	☐	☐
6	يتم التعامل 14. مع الانحرافات التشغيلية قبل أن تتحول إلى عيوب إنتاجية.	☐	☐	☐	☐	☐
7	توجد 15. إجراءات واضحة للتعامل مع العيوب المتكررة في خطوط الصب.	☐	☐	☐	☐	☐

8	يتم تحليل أسباب الفشل التشغيلي اعتمادًا على البيانات الفعلية.	☐	☐	☐	☐	☐
---	---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

المحور الثالث: المخاطر الإدارية

م	الفقرة	1	2	3	4	5
1	يتم تحديث 17. تقييم المخاطر وفق جدول زمني محدد (شهر، ربع، سنة، نصف سنة).	☐	☐	☐	☐	☐
2	ما مدى 18. معرفة المهندسين بمعادلة حساب رقم أولوية المخاطر RPN؟	☐	☐	☐	☐	☐
3	توجد لجنة 19. أو فريق مسؤول عن إدارة المخاطر داخل المصنع.	☐	☐	☐	☐	☐
4	يتم توثيق 20. نتائج تحليل المخاطر ومناقشتها مع الجهات المعنية بعد كل مراجعة.	☐	☐	☐	☐	☐
5	يتم 21. استخدام نتائج تحليل المخاطر في اتخاذ القرارات	☐	☐	☐	☐	☐

	المتعلقة بالجودة والصيانة					
6	توجد 22. برامج تدريبية منتظمة لرفع وعي العاملين بمفاهيم المخاطر وتحليلها.	☐	☐	☐	☐	☐
7	يدعم 23. المستوى الإداري تطبيق أدوات التحليل الإحصائي في مراقبة الأداء.	☐	☐	☐	☐	☐
8	يتم ربط 24. مؤشرات المخاطر بمؤشرات الأداء والجودة وخفض الفاقد.	☐	☐	☐	☐	☐
9	يوجد 25. التزام واضح من الإدارة العليا بتبني التحسين المستمر في إدارة المخاطر.	☐	☐	☐	☐	☐

ملاحظة: توضع علامة (✓) داخل المربع المناسب لكل فقرة، وتستخدم البيانات لأغراض البحث العلمي فقط

الملحق (ب): بيانات الفاقد قبل وبعد التحسين

الفاقد بعد التحسين (%) الفاقد قبل التحسين (%) الشهر

يناير	20.1	11.5
فبراير	19.8	10.9
مارس	20.3	10.7
أبريل	19.9	10.6

الملحق (ج): نتائج FMEA التفصيلية

يتضمن:

- قيم الشدة (S)
- قيم الحدوث (O)
- قيم الاكتشاف (D)
- حساب RPN لكل نقطة فشل

الملحق (د): مخططات SPC

- مخطط التحكم لدرجة الحرارة
- مخطط التحكم لنسبة Mg
- مخطط باريتو لأسباب الفاقد

بيانات التشغيل الخام من سجلات الإنتاج (يناير – يونيو 2025)

Appendix B: Raw Operational Data from Production Logs (Jan–Jun 2025)

التاريخ	درجة حرارة الصير (°C)	Mg (%)	S (%)	Si (%)	الفاقد (%)	ملاحظات تشغيلية
2025-01-08	1318	0.047	0.016	3.91	11.2	عيب سطح خفيف
2025-02-13	1324	0.052	0.014	3.85	10.3	صير مستقر
2025-04-21	1330	0.056	0.012	4.02	9.7	تحسن ملاحظ في الصب

تم استخراج هذه البيانات من تقارير مراقبة الجودة اليومية ومعايير التشغيل الفعلية للمصنع.

الملحق الجداول الإحصائية الموسعة للتحليل

Appendix Extended Statistical Tables for Analysis

المتغير	متوسط القيمة	الانحراف المعياري	معامل الارتباط بالفاقد (r)
Mg	0.051	0.004	-0.66
Si	3.95	0.15	-0.58
S	0.015	0.003	+0.47
P	0.040	0.002	+0.31

توضح النتائج أن الماغنسيوم والسيليكون لهما علاقة عكسية بمعدل الفاقد، بينما يرتبط الكبريت والفوسفور بزيادة احتمالية العيوب السطحية والانكماش.

نماذج مصورة لمخططات تحليل المخاطر (FMEA – Pareto – SPC)

Illustrated Diagrams of Risk Analysis Tools (FMEA, Pareto, SPC)

مخطط FMEA المختصر المستخدم في ورشة العمل الداخلية لشركة SADIP مايو 2025):

رقم البند	نمط الفشل	السبب الرئيسي	الأثر	التكرار	الاكتشاف	RPN
F-01	انخفاض تركيز Mg	تغير المادة أثناء الصير	عيوب سطحية	7	4	5
F-05	انسداد قناة الصب	تلف مضخة التحريك	توقف عملية الصير	6	3	6

تم استخدام هذه النماذج لتحديد النقاط الحرجة ذات الأولوية القصوى للتحسين.

تحليل الحساسية (Sensitivity Analysis)

Sensitivity Analysis Results

تم تحليل حساسية معدل الفاقد بالنسبة للتغيرات في العناصر الكيميائية باستخدام معادلة الانحدار الخطي المتعدد الواردة في الفصل الثالث.

النتائج الرقمية:

المتغير	التغير (%)	أثره المتوقع على الفاقد (%)
+0.01 Mg	-0.45	
+0.01 S	+0.27	
+0.1 Si	-0.38	

تشير النتائج إلى أن زيادة الماغنسيوم والسيليكون تقلل معدل الفاقد بينما تزيد الكبريت بزيادة بنمط طردي.

قائمة الجداول والأشكال في الملاحق

List of Tables and Figures in Appendices

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
Table A1	استبانة تقييم تطبيق تحليل المخاطر	A-2
Table B2	بيانات التشغيل الخام	B-4
Table C3	التحليل الإحصائي الموسع	C-6
Table D4	مخطط FMEA المختصر	D-8

<u>رقم الجدول</u>	<u>العنوان</u>	<u>الصفحة</u>
<u>Table E5</u>	<u>نتائج تحليل الحساسية</u>	<u>E-10</u>

Midocean University

College of Management

Department of Management

Title in English

Prepared by:

Mohammed Yacoub Karami

24200950

Supervised by:

Dr. AL-Faisal Abdul Hameed Mohammed

Year:2026