

BMU-Umweltinnovationsprogramm

Abschlussbericht

Zum Vorhaben

Implementierung einer innovativen Fertigungstechnologie zur Herstellung von
Gewindewerkzeugen

Zuwendungsempfänger

LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG

Umweltbereich

Ressourcen, Klimaschutz

Laufzeit des Vorhabens

01.04.2017 bis 30.09.2018

Autor

Uwe Kretzschmann

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit

Datum der Erstellung

26.11.2020

Berichts- Kennblatt

Aktenzeichen UBA:	Projekt- Nr.: KfW- Aktenzeichen NKa3- 003210
Titel des Vorhabens: Implementierung einer innovativen Fertigungstechnologie zur Herstellung von Gewindewerkzeugen	
Autor: Kretzschmann, Uwe	Vorhabenbeginn: 01.04.2017
	Vorhabenende: 30.09.2018
Zuwendungsempfänger: LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH &Co. KG Grabauer Str. 24 21493 Schwarzenbek	Veröffentlichungsdatum: 30.09.2019
	Seitenzahl: 19
Gefördert im BMUB- Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
<p>Kurzfassung:</p> <p>Die Herstellung von Innengewinden erfolgt bei der Bauteilfertigung meist als einer der letzten Arbeitsgänge in der Fertigungsprozesskette. Je nach bereits zuvor erfolgter Wertschöpfung am Bauteil ist somit die Anforderung an die Gewindebearbeitung und damit an die Gewindewerkzeuge sehr hoch. Das betrifft sowohl die Qualität als auch die Performance. LMT Fette Werkzeugtechnik ist Hersteller von Gewindewerkzeugen zum Gewindebohren und Gewindeformen. Zum technologischen Fortschritt zählt auch die Steigerung der Performance und Standzeit der Gewindewerkzeuge.</p> <p>Mit einer innovativen Fertigungstechnologie soll die Oberflächen- und Schneidkantenbeschaffenheit der Werkzeuge wesentlich verbessert werden. Damit soll erreicht werden, dass im Bearbeitungsprozess, also während der Gewindefertigung im Bauteil, die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstückwerkstoff verringert wird. Der Effekt der geringeren Reibung führt beim Endanwender zu wesentlichen Kundennutzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung der Standzeit der Werkzeuge (um 100% bis zu 200%), - Produktivitätssteigerung (Schnittgeschwindigkeit von z.B. 35 m/min auf 60 m/min). <p>Dies stellt gegenüber dem Stand der Technik eine erhebliche Verbesserung dar. Durch die Standzeiterhöhung wird der Werkzeugverbrauch beim Anwender reduziert. Es wurde eine vollständig reproduzierbare Technologie entwickelt, mit der es bei LMT Fette Werkzeugtechnik ermöglicht wird,</p>	

- Die anwendungsorientierte Fertigung der Gewindewerkzeuge zu sichern
- Die prozesssichere Fertigung in konstanter Qualität zu gewährleisten
- Einen hohen Automatisierungsgrad zu realisieren
- Den Rohmaterialeinsatz zu reduzieren
- Diese Fertigungstechnologie auf das gesamte Produktspektrum der Produktlinie Gewindewerkzeuge anzuwenden.

Mit der angesprochenen verbesserten Standzeit und Performance der Werkzeuge wurde in Verbindung mit Kundenneu- und Rückgewinnung seitens Vertrieb / LMT Fette Werkzeugtechnik die Voraussetzung geschaffen, die Arbeitsplatzsicherung der Mitarbeiter am Standort Schwarzenbek zu verbessern.

Schlagwörter:

Innovative Fertigungstechnologie

Gewindewerkzeuge

Prozesssicherheit

Steigerung der Performance durch verringerte Reibung

Standzeiterhöhung

Produktivitätssteigerung

Reproduzierbarkeit, Automatisierung, Anwendungsspezifische Fertigung

Anzahl der gelieferten Berichte

Papierform:

Elektronischer Datenträger:

Sonstige Medien:

Veröffentlichung im Internet

Geplant auf der Webseite:

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	5
1.2. Ausgangssituation.....	5
2. Vorhabenumsetzung	
2.1. Ziel des Vorhabens.....	6
2.2. Technische Lösung.....	7
2.3. Umsetzung des Vorhabens.....	7
2.4. Behördliche Anforderungen.....	11
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	11
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung.....	12
3.2. Stoff- und Energiebilanz.....	12
3.3. Umweltbilanz.....	13
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	14
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	16
4. Übertragbarkeit	
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	18
4.2. Modellcharakter / Übertragbarkeit.....	19
5. Zusammenfassung / Summary.....	19
6. Literatur.....	
7. Anhang.....	I - VI

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens:

Das traditionsreiche Unternehmen LMT FETTE Werkzeugtechnik, gegründet 1908 in Hamburg Altona ist heute einer der weltweit führenden Hersteller von Präzisions-Fräswerkzeugen, Wälzfräsern, Gewinderollsystemen sowie Gewindebohrern, -formern. Ohne Zahnräder bewegt sich in der modernen Welt (fast) nichts. Ohne Gewinde kann man nichts verschrauben. Genau hier liegen die Kernkompetenzen des Werkzeugherstellers LMT FETTE. Das Unternehmen ist einer der führenden Hersteller von Wälzfräsern zur Herstellung von Zahnrädern und Rollköpfen für die Gewindeproduktion. Branche: Maschinenbau / Präzisionswerkzeuge; Umsatz: 56 Mio. €; Mitarbeiterzahl: 297. Einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren ist die Stärke im technischen Vertrieb, die Nähe zum Kunden und die damit verbundene lösungsorientierte Entwicklung und Produktion der Werkzeuge.

1.2 Ausgangssituation

Die Fertigung von Innengewinden ist in der Bauteilbearbeitung meist einer der letzten Arbeitsgänge. Das Bauteil selbst hat somit bereits einen sehr hohen Wertschöpfungsgrad, umso mehr kommt es auf eine prozesssichere und gleichzeitig wirtschaftliche Fertigung dieser Gewinde bei den entsprechenden Anwendern an.

Ausgangspunkt dieses Projektes ist das Ergebnis eines durch LMT bereits abgeschlossenen F&E- Projektes. Hier wurde eine Technologie entwickelt, die es ermöglicht, Gewindewerkzeuge anwendungsbezogen auszulegen und herzustellen. Von einer anwendungsbezogenen Ausführung spricht man dann, wenn jeweilige kundenspezifische, anwendungsspezifische Anforderungen - wie z.B. der zu bearbeitende Werkstoff oder die Gewindedimension – bei der Auslegung des Gewindewerkzeuges berücksichtigt werden können und somit ein für den konkreten Einsatzfall optimales Werkzeug geliefert werden kann. Ergebnisse des vorgelagerten F&E-Prozesses:

- Es wurde die Schleiftechnologie für Gewindeformer weiterentwickelt, um eine Erhöhung der Oberflächengüte der Gewindeflanken am Werkzeug zu erzielen.
- Die Form der Drückkanten wurde als eine Funktion des zu bearbeitenden Werkstoffs ermittelt.
- Die Vorgehensweise zur Fertigung dieser Drückkantentechnologie wurde erarbeitet
- Eine entsprechende Messstrategie wurde entwickelt.
- Nach dem Schleifen ist die Nachbehandlung der Schneidkanten, Drückkanten und Gewindeflanken erforderlich. Es wurden diverse Strahlprozesse und Poliervorgänge mit den am Markt verfügbaren Verfahren und Anlagen betrachtet. Es handelt sich um die Verfahren Nassstrahlen, Trockenstrahlen, Polierentgraten, Magnetfinishing, Flakottieren

und Bürsten. Beim Nassstrahlen wurden in die Untersuchungen unterschiedliche Anlagentechniken einbezogen. Es wurde eine Bewertung durchgeführt und ein Vorzugsverfahren definiert, mit dem sichergestellt werden kann, dass die relevanten Anforderungen an die Schneidkantenausführung erreicht werden.

- Eine Konstruktionsrichtlinie für die anwendungsbezogene Werkzeugauslegung wurde erstellt.

Es bestand nun die Aufgabenstellung, die erzielten Ergebnisse der vorgelagerten F&E – Anstrengungen bei LMT Fette Werkzeugtechnik in den Fertigungsprozess zu integrieren. Sämtliche Fertigungsprozessschritte werden analysiert und weiterentwickelt mit der Zielstellung, die relevanten Geometrielemente und Merkmale reproduzierbar und wirtschaftlich fertigen zu können. Hierzu zählt auch die Implementierung der entwickelten innovativen Technologie zur Oberflächen- und Kantenbehandlung für Gewindewerkzeuge.

2. Vorhabenumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

Der Nutzen dieses Projektes besteht in der Einführung einer prozesssicheren Technologie zur Schneidkanten- und Drückkantenbehandlung für Gewindewerkzeuge bei LMT Fette und somit der Bereitstellung bzw. Lieferung von Gewindewerkzeugen mit deutlich erhöhter Performance und Standzeit. Das kann gewährleistet werden durch die Realisierung der vorgegebenen Makro- und Mikroparameter der Schneid- und Drückkanten. Durch das zu implementierende Verfahren werden diese erzielt und es wird gewährleistet, dass die Parameter gleichbleibende prozesssichere Qualität und Maßhaltigkeit haben und zwar über das gesamte Produktprogramm des Gewindeportfolios und über die gesamten involvierten Mitarbeiter.

Das Vorhaben ist durch folgende Zielstellungen motiviert:

- Standzeiterhöhung beim Anwender => das führt zu einer Erhöhung der Kundenzufriedenheit, zur Material- und Energieeinsparungen, zur Verbesserung des Ausnutzungsgrades der Maschinenlaufzeit und zur Verbesserung von Taktzeiten.
- Wirtschaftliche Fertigung der Gewinde beim Kunden => Kundenzufriedenheit
- Verkürzung time to market => Verbesserung des Wettbewerbsvorteils für LMT Fette
- Gewährleistung Prozesssicherheit beim Kunden => Prozessoptimierung
- Verkürzung Entwicklungs- Iterationsschleifen durch rechnergestützte Werkzeugkonstruktion in Verbindung mit Simulation => Innovation, Wettbewerbsvorteil
- Entwicklung Fertigungsprozess in der Produktion => Gewährleistung Prozesssicherheit
- Kundenneu- und Rückgewinnung => Voraussetzung zur Arbeitsplatzsicherung am Standort Schwarzenbek.

Die Gewindewerkzeuge zählen zu den strategisch wichtigen Produkten der LMT Tools und damit der LMT Fette Werkzeugtechnik. Der Grundwerkstoff der Werkzeuge ist sowohl

Schnellarbeitsstahl (HSS = High Speed Steel), das macht 85 % der produzierten Gewindewerkzeuge aus als auch Vollhartmetall, entspricht einem Anteil von 15 %. Durch die neue Technologie der Gewindefertigung und den beschriebenen Standzeit- und Performance-Zielstellungen können erhebliche Einsparungen an Rohmaterial erreicht werden, das sind für die produzierte Jahresmenge ca. 20 Tonnen Schnellarbeitsstahl und ca. 2 Tonnen Hartmetall. Aufgrund des reduzierten Verbrauchs dieser kobalthaltigen Materialien wird zusätzlich der Arbeitsschutz verbessert.

2.2. Technische Lösung

Zur Gewährleistung einer prozesssicheren Schneidkanten- und Drückkantenbehandlung für Gewindewerkzeuge wurde in einem vorgelagerten Technologie- Entwicklungsprojekt die entsprechende Technologie ausgewählt. Es handelt sich um die Nassstrahltechnologie.

Verfahrensprinzip dieser Technologie ist die Beaufschlagung der Oberfläche des Werkzeuges mit einem Gemisch aus Wasser und Strahlmittel durch Druck. Mittels eines gebündelten Strahls kann man punktgenau den Bereich des Werkzeuges erreichen, wo Material abgetragen werden soll. Das ist bei Gewindewerkzeugen der Schneidenbereich, dabei soll durch eine Variabilität der Anstellwinkel der Düsen erreicht werden, die Verrundungsgeometrie zu beeinflussen. Somit lässt sich eine gezielte auf den Anwendungsfall des Werkzeuges optimierte Schneidkantenbehandlung realisieren.

Eine der Zielsetzungen ist es, die **Prozesssicherheit** des Entgrat- und Verrundungsverfahrens zu gewährleisten. Die dafür einzustellenden Maschinenparameter sollen idealerweise verlässliche und gleichmäßige Verrundungsergebnisse bringen. Eine weitere Zielstellung war, dass der Be- und Entladezyklus sowie der Strahl- und Reinigungsprozess der zu behandelnden Werkzeuge vollautomatisiert ablaufen soll.

Außerdem soll die Wiederaufbereitung des Spülwassers sowie die Mesh-Konzentration (Wasser-Edelkorund-Gemisch) in (halb-) automatisierter Form sichergestellt werden. Zum Einsatz kommt ein handelsübliches Strahlmittel.

2.3. Umsetzung des Vorhabens

Als Lieferant für eine Anlagentechnik, die die Zielsetzungen erfüllt, wurde Fa. Auer / Mannheim ausgewählt, das erste Angebot lag im Juli 2017 vor, im August haben wir mit den Evaluationsversuchen bei Fa. Auer begonnen. Der Aufwand für die Versuche war allerdings erheblich höher als ursprünglich geplant, da die Anzahl der Typenvertreter höher gewählt werden musste und zahlreiche zusätzliche Messreihen und interne Funktionstests durchgeführt werden mussten. Diese Funktionstests waren zum Nachweis der technischen Machbarkeit erforderlich.

Die Versuchsreihen konnten im November 2017 abgeschlossen werden, die Entscheidung zur Maschinenbeschaffung konnte getroffen werden. Als Fazit kann festgestellt werden, dass mit der AUER Satelliten- Nass- Strahlanlage SAN 1100 S4 RO (Bild 13 Anlage, S. IV) eine prozesssicherere Lösung bei Abdeckung des gesamten Produktportfolios von LMT Fette ermittelt wurde.

Die Bestellung der Maschine erfolgte im Dezember 2017.

Generell kann der Bearbeitungszyklus eines Werkzeuges wie folgt unterteilt werden:

1. Beladung der Werkzeugaufnahme
2. Entgraten und Verrunden mittels Nassstrahlen
3. Reinigen des Werkzeugs & der Aufnahme
4. Entnahme des Werkzeuges

1. Beladung der Werkzeugaufnahme
2. ...

Beschreibung der Vorgehensweise: Zunächst wurde sich dem **Nassstrahlprozess** in Form umfangreicher Versuchsreihen gewidmet.

Hierfür wurde die Auswahl an Versuchswerkzeugen so gewählt, dass diese stellvertretend für das gesamte Produktportfolio stehen.

Abhängig von der Geometrie sowie der geforderten Schneidkantenpräparation mussten diverse Parameter in mehreren Iterationsschleifen angepasst werden.

Im Wesentlichen standen folgende Variablen/Parameter im Fokus:

- Auswahl des Strahl-Düsen- Durchmessers
- Auswahl des Strahl-Mediums
- Anstellwinkel der Strahldüsen
- Strahldruck (oberes Düsenpaar)
- Strahldruck (unteres Düsenpaar)
- Pumpenleistung (%)
- Anzahl der Hübe
- Vertikale Strahlgeschwindigkeit
- Horizontale Düsenzustellung

Nachdem ein entsprechender Parametersatz gefunden wurde, konnte dieser in der SPS (Steuerung der Strahlmaschine) angelegt werden. Hierdurch muss der Maschinenbediener bei der Bearbeitung von Fertigungsaufträgen lediglich das dazugehörige Programm wählen, wodurch alle Prozessparameter sowie Werkzeug- und Düsenbewegungen vollautomatisiert durchgeführt werden können. Eine Auflistung der aus den Versuchen resultierenden wichtigsten Parameter ist in Anlage Bild 12, S. III ersichtlich.

In einem nächsten Schritt wurde der **Reinigungsprozess** nach dem Nassstrahlen näher betrachtet.

Hierbei lag das Hauptaugenmerk darauf, dass sowohl Werkzeug also auch Werkzeugaufnahme hinreichend vom Strahlmedium befreit werden müssen. Das hier verwendete Strahlmedium Edelkorund (rosa) neigt in Kombination mit Wasser extrem zum „Verklumpen“ und Anhaften. Würden die Aufnahmen und Werkzeuge nicht richtig gesäubert werden, liefe man Gefahr, Strahlmedium in folgende Arbeitsgänge zu verschleppen und zudem die Aufnahmen derart zu verschmutzen, dass eine einwandfreie Be- und Entladung dieser nicht mehr gewährleistet werden kann.

Das Spülwasser wird hierbei aus dem Wasser-Edelkorund-Gemisch gewonnen, welches durch einen Lamellennassabscheider wiederaufbereitet wird.

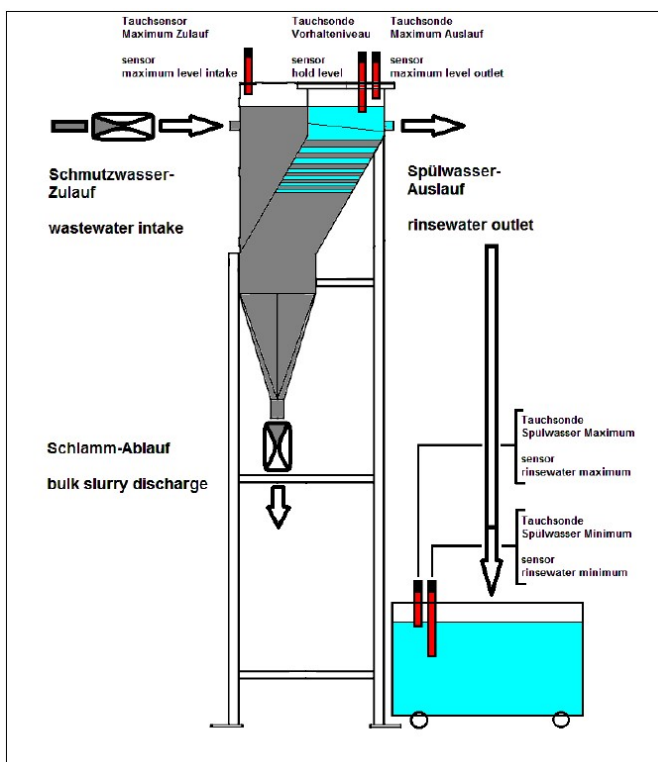


Bild 1: Reinigungsprozess des Strahlmediums

Nachdem die **Automatisierung des Nassstrahl- sowie Reinigungsprozesses** weitestgehend abgeschlossen werden konnte, wurde ein detailliertes Konzept für die **automatisierte Be- und Entladung** erstellt. Dieses kann grundlegend in folgende Themengebiete unterteilt werden:

- Positionierung und Anordnung der Werkzeuge in der Be- und Entladestation
- Ausführung der Aufnahme
- Programmierung des Roboters

Bei der Ausführung der Werkzeugaufnahme war darauf zu achten, dass der Schaft während des Nassstrahlprozesses komplett abgedeckt sein muss, da hier eine durch das Nassstrahlen

hervorgerufene Mattierung der Oberfläche nicht erwünscht ist. Gleichzeitig ist es hinsichtlich eines sicheren Werkzeugtransports durch den Roboter am einfachsten, das Werkzeug am Schaft zu greifen.

Aus diesem Grund entschied man sich im ersten Zuge für eine Lösung, bei welcher der Robotergreifer nach dem Beladevorgang eine Abdeckhülse über den Schaft des Werkzeugs positioniert und mittels Bajonettverschluss fixiert wurde. Zur späteren Entnahme des Werkzeugs wurde die Hülse wieder entsprechend nach unten geschoben, wodurch der Schaft freigelegt wurde und der Robotergreifer das Werkzeug entnehmen konnte.

Durch die Komplexität des Mechanismus war dieses System jedoch sehr anfällig hinsichtlich eventueller Verunreinigungen durch das Strahlmedium, worunter wiederum die Prozesssicherheit leiden würde.



Bild 2: Werkzeughalter mit Abdeckung



Bild 3: Greifsituation für das Werkzeug

Deshalb wurde diese Idee verworfen und der Fokus auf den Greifmechanismus gelegt. Die Werkzeugaufnahme deckt bei der aktuellen Variante durchgehend den kompletten Schaft ab. Eine Verdreh-Sicherung des Werkzeugs wird durch eine in die Hülse eingelassene Vierkant-Tasche gewährleistet, worin der Vierkant des Werkzeugs versenkt wird. Der Roboter selbst greift nun am genuteten Hals des Werkzeugs, weshalb die Greiferbacken geometrisch angepasst werden mussten.

Um den Bedienerinfluss so gering wie möglich zu halten, wurden die Roboterprogramme so programmiert, dass diese durch den Input weniger Variablen an das zu bearbeitende Werkzeug angepasst werden können. Dieser Input wird durch die SPS der Nassstrahlanlage selbst gewährleistet. Dadurch reduziert sich der Bedienerinfluss im Wesentlichen auf Auswahl des richtigen Programms sowie die Angabe der Werkzeuglänge.

2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Zur Umsetzung des Vorhabens mussten keine behördlichen Anforderungen oder Genehmigungen erfüllt werden.

2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten:

Zur Erfolgskontrolle des Projektes wurden die Kennziffern **Standzeit** beim Einsatz der Werkzeuge beim Kunden und **Ausschussrate** in der eigenen Produktion bei LMT Fette herangezogen.

Standzeit: Zur Realisierung der Implementierung der Technologie wurden 3 Phasen der Versuchsdurchführung durchlaufen: Zuerst wurden in **Phase 1 Stichversuche** mit Typenvertretern zur Parameterermittlung im eigenen Versuchsfeld in Schwarzenbek durchgeführt. Die Standzeit ist eine Funktion der Reibung, deshalb wurde bei diesen Stichversuchen das beim Bearbeiten auftretende Drehmoment gemessen und dokumentiert. Anschließend wurde in **Phase 2 die Reproduzierbarkeit** der eingestellten Parameter nachgewiesen, das erfolgte in ebenfalls internen Versuchen. Hier wurden sowohl sogenannte Funktionstests durchgeführt, als auch **erste Standzeittests**. Um die Standzeit zu beurteilen, wurde das Verschleißkriterium am Werkzeug definiert. Nach Abschluss und Auswertung dieser internen Standzeitversuche wurden in **Phase 3** neue Werkzeuge serienmäßig gefertigt mittels dieser neuen Technologie und anschließend **bei Kunden in Feldtests** eingesetzt. Feldtests sind der Maßstab zu **Erfolgskontrolle**, da die Werkzeuge hier unter realen Bedingungen eingesetzt sind und somit die Aussagen zu den Betriebsdaten belastbar sind. Zu diesen realen Bedingungen zählt die Bearbeitungsmaschine, die Aufspannsituation für Werkstück und Werkzeug, der Werkstückwerkstoff und der Kühlmittleinsatz. Die Standzeit wurde ermittelt und dokumentiert. Es erfolgte die Evaluation der Technologie. Diese Feldversuche nahmen teilweise einen langen Zeitraum ein, in Abhängigkeit des Auftragsvolumens bei den ausgewählten Kunden, der Auftragsmenge und somit der zu fertigenden Gewinde pro Zeiteinheit.

Ausschussrate: Es handelt sich hier um eine Kennziffer in der eigenen Produktion bei LMT Fette. Die wird dokumentiert und monatlich pro Produktlinie ausgewertet, die Darstellung ist jeweils über 12 Monate rollierend (Beispiel siehe Bild 4).

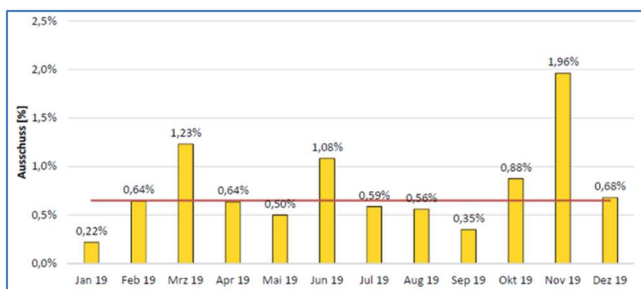


Bild 4: Ausschussquote Produktlinie Fräsen und Gewinden

Für Werkzeuge mit Schneidkantenbehandlung im Allgemeinen und für Gewindewerkzeuge im Besonderen ist die Herausforderung, die Schneidkante in der geforderten Qualität – Parameter sind hier Oberflächengüte und Maßhaltigkeit- sowie mit einer Gleichmäßigkeit über die zu fertigende Losgröße der Werkzeuge herzustellen. Diese Gleichmäßigkeit wird auch als Prozesssicherheit bezeichnet. Alles was außerhalb der geforderten Parameter liegt, ist Ausschuss, eine Nacharbeit ist bei Gewindewerkzeugen nur bedingt möglich. Mit dem realisierten Projekt wurde das Ziel verfolgt, genau diese Prozesssicherheit zu erhöhen, als Kennziffer wurde hier die Ausschussrate definiert.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung:

Das Vorhaben konnte erfolgreich umgesetzt werden.

Wie in Abschnitt 2.3. beschrieben, traten auch unerwartete Schwierigkeiten auf, die es zu lösen galt. Als Auswahl sollen hier genannt werden:

Der Reinigungsprozess nach dem Nassstrahlen: Das Werkzeug also auch die Werkzeugaufnahme mussten hinreichend gut vom Strahlmedium befreit werden, da ansonsten ein einwandfreies automatisches Handling der Werkzeuge nicht gewährleistet werden kann.

Die Programmierung: Eine weitere Schwierigkeit, die zu überwinden war, ist die Erstellung der synchronen Programmiermöglichkeit von Strahlmaschine und Handhabungsroboter. Ziel war es, die zu einer Ident- Nummer des zu behandelnden Werkzeuges gehörenden Parameter in einem Steuerungspanel einzugeben und somit die prozesssichere Bedienung der Maschine zu gewährleisten.

Roboterbestückung: Zum automatischen Bestücken und Entladen der Maschine wird ein Handhabungsroboter eingesetzt. Dieser wurde mit einem Greifmechanismus ausgestattet, der unterschiedliche Funktionen erfüllen muss, hierzu zählen die Abdeckung des Schaftes (dass dieser nicht mit gestrahlt wird), die Verdreh -Sicherheit des Werkzeuges (dass orientiert gestrahlt werden kann auch in die Spannuten) und das sichere Greifen des Werkzeuges am Hals, das durch geometrische Anpassung der Greiferbacken erfolgte.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass alle aufgetretenen Schwierigkeiten gelöst werden konnten und das Projekt erfolgreich umgesetzt ist.

3.2. Stoff- und Energiebilanz:

Zur Messung der Erfolgskontrolle wurden die Ergebnisse bzgl. erreichter Standzeit aufgenommen auch im Vergleich mit konventioneller Behandlung der Werkzeuge und

Behandlung mit vorliegender neuer Technologie, es wurde die Ausschussquote dokumentiert, auch hier der Vergleich bei Produktion konventionell und mit neuer Technologie.

Die positiven Folgeerscheinungen dieser Betriebsdaten sind zum einen durch die Steigerung der **Standzeit** die beim Endanwender weniger verbrauchten Werkzeuge und somit Einsparung von Rohstoffen (HSS und HM) pro hergestelltem Endprodukt sowohl bei LMT Fette als auch bei den Endanwendern und zum anderen durch die Verringerung der **Ausschussquote** bei LMT Fette die Einsparung von Rohmaterial durch Wegfall der Neufertigung dieser Werkzeuge und damit zusammenhängend durch Einsparung an Energie zum Betreiben der Maschinen für die Neufertigung. Die Resultate haben ebenfalls erheblichen wirtschaftlichen Vorteil für das Unternehmen LMT Fette Werkzeugtechnik, da die Kosten für Nacharbeit bzw. Neufertigung und zusätzliche Rohlinge wesentlich reduziert werden konnten.

3.3. Umweltbilanz:

Die in 3.2. angeführten Einsparungen an verbrauchten Werkzeuge beim Endanwender und von Rohstoffen (HSS und HM) bei LMT Fette und zusätzlich auch Energie bei LMT Fette sind die Basis für die prognostizierten und erreichten Werte der Einsparung.

Bilanz zum Verbrauch an Rohstoffen bei LMT Fette Werkzeugtechnik: Ausgewertet wurde der Verbrauch an Rohstoffen, die für die Produktion von Lager- und Kundeneinzel-Gewindewerkzeugen verbraucht wurden.

Der Hauptanteil aus der **Einsparung an HSS und PM HSS**- Rohstoffen von 8,5 Tonnen resultiert aus der drastischen Reduzierung der Ausschussquote (siehe 3.4), ein kleinerer Teil resultiert aus der Standzeiterhöhung beim Kunden selbst, was zur Folge hatte, dass für die gleiche Anzahl Gewinde weniger Werkzeuge benötigt wurden und demzufolge eine geringere Stückzahl an Werkzeugen bereits in 2019 bei LMT bestellt wurden, hier handelt es sich um 10.000 Werkzeuge weniger.

	2018	2019	Einsparung in kg	Einsparung in %
Verbrauch PM HSS in kg	19.714	11.184	8.530	43%
Stückzahl gefertigte Werkzeuge	170.449	160.504		
90 % davon sind aus PM HSS	153.404	144.454		
Mittelwert Material pro gefertigtem Werkzeug in kg ist konstant !	0,13	0,13		

Tabelle 1: Verbrauch HSS und PM HSS für Gewindewerkzeuge bei LMT Fette Werkzeugtechnik

Die Abweichung zur prognostizierten Einsparung ist im konjunkturbedingten Rückgang der Absatzmengen bei Gewindewerkzeugen seitens LMT Fette von 2016 auf 2019 begründet. Zum

Zeitpunkt der Projektantragstellung und Definition der Zielstellungen 2016 lag die Absatzmenge bei ca. 300.000 Stück Eigenfertigung, bis 2018 war ein Absatz- Rückgang auf 170.000 Stück aus Eigenfertigung zu verzeichnen.

Der Materialanteil pro gefertigtem Werkzeug bleibt jedoch konstant, da die Fertigungstechnologie der Gewindewerkzeuge auf Rohlingskonzepten basiert, die vor und nach der Anwendung der neuen innovativen Fertigungstechnologie identisch sind. Zur weiteren Erläuterung: Die Makro- Dimensionen der Gewindewerkzeuge (Bsp. Siehe Bild 5) vor und nach der Umsetzung der neuen innovativen Fertigungstechnologie sind identisch. Teilweise handelt es sich um DIN- Maße, die einzuhalten sind, teilweise um Kundeneinzelanforderungen, die eng und verbindlich mit Kunden der LMT Fette Werkzeugtechnik abgestimmt sind.

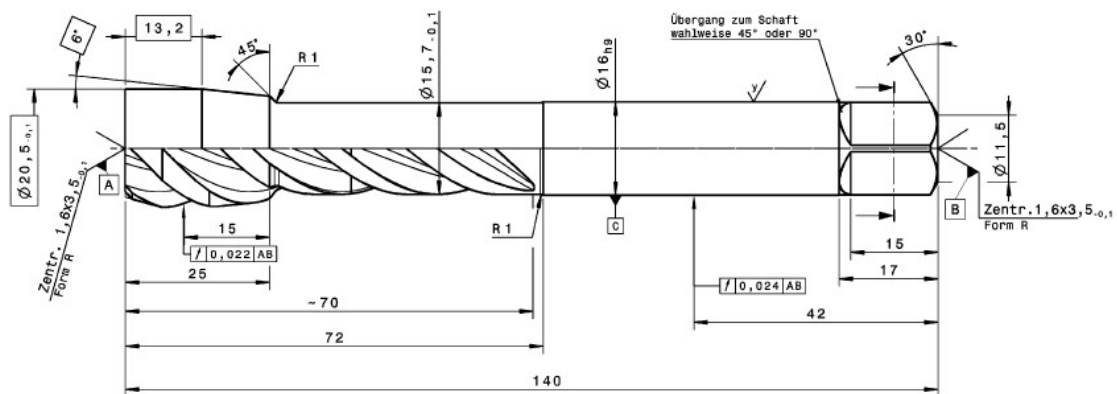


Bild 5: Gewindewerkzeuge M20 6HX

Die **Einsparung an Hartmetall** von ca. 1 Tonne ist in Tabelle 2 dargestellt.

	2018	2019	Einsparung in kg	Einsparung in %
Verbrauch HM in kg	2.112	1.162	950	45%
Stückzahl gefertigte Werkzeuge	170.449	160.504		
10 % davon sind aus HM	17.045	16.050		
Mittelwert Material pro gefertigtem Werkzeug in kg ist konstant !	0,12	0,12		

Tabelle 2: Verbrauch **Hartmetall** für Gewindewerkzeuge bei LMT Fette Werkzeugtechnik

Es ist festzustellen, dass auch hier durch die Anwendung der neuen innovativen Fertigungstechnologie eine Standzeiterhöhung bei den Kunden der LMT erzielt werden konnte und der Werkzeugbedarf insgesamt seitens unserer Kunden zurückgegangen ist. Das betrifft Anwendungen, die bereits beim Kunden eingefahren sind und laufen. In der weiteren Unternehmensstrategie ist es das Ziel mit Neukundengewinnung die Stückzahl wieder zu

steigern. Es sollen Gewindewerkzeuge, die mit dieser neuen Fertigungstechnologie hergestellt wurden, bei neuen Anwendungen oder neuen Kunden vorgestellt und eingesetzt werden.

Aus diesen Materialeinsparungen ergibt sich indirekt eine Einsparung von ca. 45 Tonnen CO₂ pro Jahr bei der Rohstoffherstellung bei den Lieferanten. Aufgrund des reduzierten Verbrauchs an kobalthaltigem Material wird zusätzlich der Arbeitsschutz verbessert.

Die Einsparung hinsichtlich **Energieverbrauch** liegt bei LMT Fette bei der Herstellung der Gewindewerkzeuge bei 443 Megawattstunden (siehe Tabelle 3).

Verbraucher	Verbrauch 2018 [kWh]	Verbrauch 2019 [kWh]	Einsparung [kWh]
Gewindelinie 2	306.176	229.786	
Gewindelinie 1	2.966.043	2.636.193	
Gewindelinie 4	245.933	209.309	
	3.518.152	3.075.289	442.863

Tabelle 3: Energieverbrauch Gegenüberstellung 2018 vs. 2019

Bei einer gefertigten Stückzahl Gewindewerkzeuge 2018 - also vor Umsetzung des Vorhabens - von 170.449 Stück und 2019 – also nach Umsetzung des Vorhabens - von 160.504 Stück bedeutet das eine Reduzierung des Energieverbrauchs pro gefertigten Werkzeug von durchschnittlich 1,48 kWh (Tabelle4), das entspricht einer Einsparung von 7,2 % pro Werkzeug.

	2018	2019		
Stückzahl gefertigte Werkzeuge	170.449	160.504		
E- Verbrauch pro Werkzeug in kWh	20,64	19,16	1,48	Einsparung pro gefertigtem Werkzeug in kWh

Tabelle 4: Energieverbrauch pro gefertigtem Werkzeug

Die prognostizierte Einsparung an Material und Energie ist geringer ausgefallen. Das hängt damit zusammen, dass die Absatzmenge bei Gewindewerkzeugen seitens LMT Fette von 2016 auf 2019 konjunkturbedingt zurückgegangen ist. Zum Zeitpunkt der Projektantragstellung und Definition der Zielstellungen 2016 lag die Absatzmenge bei ca. 300.000 Stück Eigenfertigung, bis 2018 war ein Absatz- Rückgang auf 170.000 Stück zu verzeichnen, deshalb sind 443 MW Energieeinsparung zu verzeichnen anstatt der prognostizierten 840 MW.

3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse:

Das realisierte Projekt trägt zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von Gewindewerkzeugen bei. Das zeigt sich in folgenden Sachverhalten: Reduzierung der Rohstoffkosten (Tabellen 1 und 2), durch den **verringerten Ausschuss** sind die Gesamt-Energiekosten ebenso verringert (Tabelle 3), da reduzierte Nacharbeit oder Neufertigung erforderlich ist. Der verringerte Ausschuss ist in Bild 6 dargestellt. Bei den Fertigungslinien Gewindewerkzeuge (Linie 1 und Linie 4) lag der Ausschussanteil 2018 bei 57% und 2019 bei 38%.

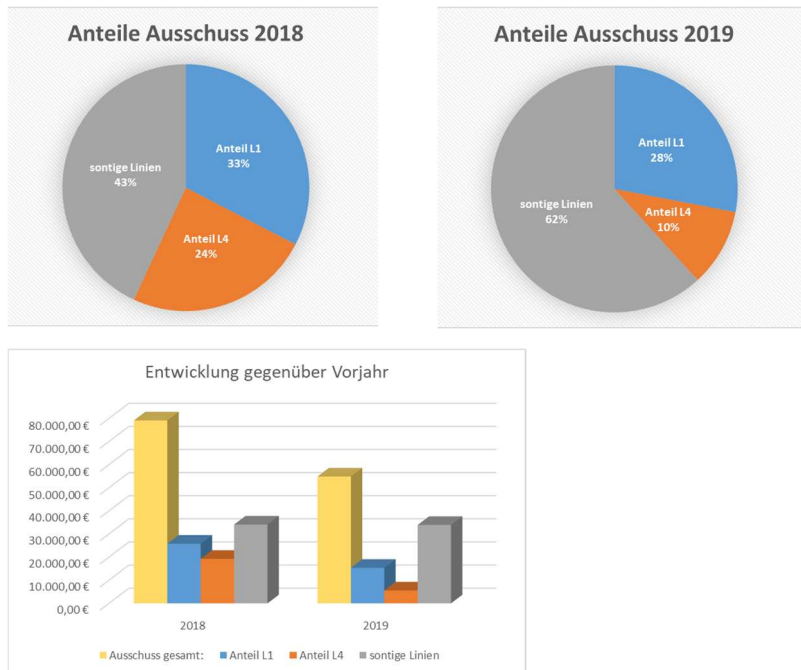


Bild 6: Anteil Ausschuss Gewinde- Fertigungslinien


Die bei Kunden von LMT Fette auftretenden Erfolge durch **Standzeiterhöhungen** sind bereits bei vielen Anwendungen zu verzeichnen, bei denen Gewindewerkzeuge zum Einsatz gekommen sind, die mit der neuen Technologie hergestellt wurden. Zielstellung für das Vorhaben war es, eine Steigerung um 100 bis 200 % zu erreichen. Dieses Ziel wurde erreicht. In einem Anwendungsfall wurden sogar plus 380 % erreicht. Es lässt sich über alle Anwendungen kein Mittelwert bilden, da die Anwendungen unterschiedliche Randbedingungen haben. So kann bei einem rostfreien Stahl eine Steigerung in der Gewindefertigung bei 20 bis 30 % bereits ein enormer Erfolg sein, dagegen in der Gussbearbeitung ist dann erst eine 200 % Steigerung als Erfolg zu bezeichnen.

Ergebnis: Bei einem breiten Anwendungsspektrum konnten **Standzeitsteigerungen von 25% bis 380 %** erzielt werden.

Beispielsweise konnte beim Einsatz eines LMT Fette- Gewindebohrers zum Fertigen von Gewinden M16 in Kupplungsstücken die Standzeit von 45 Minuten auf 75 Minuten erhöht werden (Bild 7).


Success Story Rasant Steel M16 Deutschland

Aufgabe



Kunde: Voith
Bauteil: Kupplungsstück
Material: G26CrMo4+QT (1.7221)
Zugfestigkeit: 1100N/mm²
Durchmesser: M16 (Grundloch)
Gewindetiefe: 8 x 22 mm, 1 x 40mm
Wettbewerber: Walter (Paradur Ecco Plus)
Kühlung: Emulsion
v_c: 15 m/min
Standzeit: 35-40 Minuten
Spannung: Synchrofutter


Lösung



Werkzeug: Rasant Steel M16

Schnittdaten:
v_c: 15 m/min
Standzeit: 75 Minuten

Kundennutzen



Prozesssicherheit – keine Spänewickler mehr
Erhöhung der Standzeit von 40 auf 75 Minuten
Die Qualität der Gewinde wird erhöht – kein Ausreißen mehr auf der Flanke

Bild 7: Einsatz eines Gewindebohrers von LMT Fette mit Standzeitsteigerung um 88% (von 45 min. auf 75 min)

Beim Einsatz eines Gewindebohrers mit dem Produktnamen Markant Carbide konnte auf das 4,5 – fache gesteigert werden bei gleichzeitiger Produktivitätssteigerung somit konnten die Produktionskosten für diesen Arbeitsgang um 50 % reduziert werden (Bild 7).

Aufgabe



Kunde: Allgemeiner Maschinenbau
Teil: Zahnkranz
Durchgangsgewinde M16x2
Wettbewerb: HSS-E-PM-Gewindebohrer
Maschine: DMG125
Material: 1.6587, 40-44HRC
Kühlung: Emulsion 8%
v_c=7,5m/min
Gewindetiefe: 22mm
VorbohrØ: 14,1mm

Standzeit HSS-E-PM: 400 Gewinde

Lösung



Markant Carbide Gewindebohrer M16x2 (Sonder)
Identnr.: 7273843
TiCN Beschichtet

v_c=25m/min

Standzeit: 1800 Gewinde


Kundennutzen




- 4,5-fache höhere Standzeit
- 3x höherer v_c
- 50% geringere Produktionskosten


Bild 8: Steigerung der Standzeit und Schnittgeschwindigkeit v_c

Aufgabe

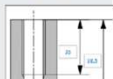


Teil: Lenkgestänge, Material: C45
Es wird ein JEL-Komet Gewindeformer mit eingelöteten Hartmetalleisten eingesetzt. Aufgabe ist es, die Werkzeugkosten um 3-5 % zu senken. Der Kunde produziert 750.000 Lenkgestänge in 2017.
Schnittwerte Vc 45m/min rein, Vc 90 m/min raus.
Emulsion: 12-14 % Ölgehalt,
Spannung: Synchrofutter

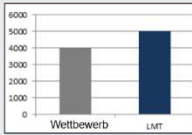
Lösung



Gewindeformer aus Vollhartmetall in M14x1,5 7HX.
Werkzeuggeometrie wie Standardwerkzeug FormMax, die Toleranz wurde angepasst.
Standzeit FormMax: 5.000 Teile



Kundennutzen



Die Anzahl der gefertigten Gewinde wurde mit unserem Formner von 4.000 auf 5.000 Stück erhöht. Das entspricht 25% mehr Standzeit.
Jahresbedarf 150-200 Stck. GWF

Bild 9: Vollhartmetall-Gewindeformer mit Standzeitsteigerung 25% in Vergleich zur bisherigen Lösung.

Wirtschaftspotenziale: Das realisierte Projekt ist es eine Voraussetzung für ein Wachstum in dieser Produktlinie Gewindewerkzeuge. Wir tragen damit dem stetig wachsenden Kostendruck

Rechnung, der sich aus der Wettbewerbssituation und den Anforderungen unserer Kunden ergibt und können die Werkzeuge wirtschaftlicher herstellen.

3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren:

Kernstück der im Projekt realisierten Technologie ist das Finishen von Gewindewerkzeugen durch die Nassstrahltechnologie. Merkmale der neuen Technologie im Zusammenhang mit der Anlagentechnik im Vergleich zu konventionellen Verfahren:

- Gewährleistung der Reproduzierbarkeit und Prozesssicherheit
- Erzielung optimierter Werkzeugperformance an der Schneide bzw. Drückkante durch definierte Parameterwahl (Anstellwinkel der Strahldüsen, Strahldruck für oberes und unteres Düsenpaar, Druck, Anzahl der Hübe und vertikale Strahlgeschwindigkeit, Horizontale Düsenzustellung)
- Automatisierung der Werkstück- Be und Entladung durch Roboter

Die gewählten Parameter sind in der PPS speicherbar und können bei Wiederholaufträgen abgerufen werden. Somit wird gewährleistet, dass auch kundenspezifisch ausgelegte Werkzeuge gleichbleibende reprozierbare Qualität und Performance aufweisen.

Durch ein integriertes Palettensystem mit automatischer Zuführung in den Roboterbereich wird erreicht, dass mehrere unterschiedliche Aufträge nacheinander auch mannos abgearbeitet werden können.

4. Übertragbarkeit

4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung:

Die Erfahrungen aus der Projektumsetzung – im Wesentlichen unter Punkt 2.3. beschrieben – sind umfangreich. Positive Erfahrungen: Die Erstellung eines Lastenheftes ist sehr wichtig. Das Lastenheft hat am Beginn des Projektes dazu geführt, den richtigen Anlagen- Partner zu finden. Nach Beauftragung des Lieferanten wurde sowohl bei LMT Fette als auch beim Lieferant Fa. Auer projektiert.

Die Erfahrungen, die bei ähnlich gelagerten Projekten zur Optimierung beitragen können: Hier kann ebenfalls das Lastenheft genannt werden, in dem zwar die Automatisierung definiert wurde, in dem auch die Anforderungen bzgl. Produktbereich (Abmessungen wie Länge Und Durchmesser) definiert sind. Jedoch war bei der Umsetzung eine aufwändige Steuerungsanpassung der Handhabeinrichtung erforderlich => Lastenheft möglichst detailliert erstellen.

Als weitere Erkenntnis ist der Umgang mit dem Thema der Vorrichtungsauslegung zu nennen. Wir haben in der Umsetzungsphase unterschiedliche Vorrichtungen benötigt, um sowohl die

Greifsituation beim automatischen Bestücken der Anlage als die Randbedingungen auch im Strahlprozess zu erfüllen. Anfangs haben wir 3D- gedruckte Werkstückhalter verwendet, die angepasst und schnell ausgeführt werden konnten. Für den Serienbetrieb wurde hier anschließend die optimierte Ausführung der Werkstückhalter aus verschleißfesten Werkzeugstahl verwendet.

Weitere positive Erfahrung: Zur Parameterermittlung haben wir von Anfang an eine ausreichende Stückzahl und Variantenvielfalt an Versuchswerkzeugen gefertigt und für das Projekt bereitgestellt. Diese Vorgehensweise ermöglichte die umfassende Ermittlung der Parameter für die Validierung zur Serienfreigabe.

4.2. Modellcharakter / Übertragbarkeit:

Die unter 4.1. beschriebene Validierung der Parameter für die Freigabe des Prozessschrittes „Schneidkantenbehandlung von Gewindewerkzeugen durch Nassstrahlen mit reproduzierbaren und automatisiertem Fertigungsablauf“ kann auch auf Unternehmen der Branche Hersteller von Gewindewerkzeugen übertragen werden.

Fördernd kann dabei die Tatsache wirken, dass die Anlage in Zusammenarbeit mit einem Lieferanten / Partner erfolgte, dessen Hauptgeschäftsfeld die Herstellung und der Vertrieb dieser und ähnlicher Anlagentypen ist.

Die maßgeblichen Tätigkeiten zur erfolgreichen Serienvvalidierung ist allerdings von den Mitarbeitern der LMT Fette Werkzeugtechnik geleistet worden. Bei einer weiteren Verbreitung des Verfahrens auf die Produktgruppen ist eine solche Validierung sicherlich entsprechend der jeweiligen Produktspezifikationen der weiteren Unternehmen erforderlich.

5. Zusammenfassung / Summary

Einleitung

LMT FETTE Werkzeugtechnik ist ein weltweit führender Hersteller von Präzisions-Fräswerkzeugen, Wälzfräsern, Gewinderollsystemen sowie Gewindebohrern, -formern. Das Unternehmen wurde 1908 gegründet. Ohne Gewinde kann man nichts verschrauben. Branche: Maschinenbau / Präzisionswerkzeuge; Umsatz: 56 Mio. €; Mitarbeiterzahl: 297. Wesentliche Erfolgsfaktoren sind die Stärke im technischen Vertrieb, die Nähe zum Kunden und die damit verbundene lösungsorientierte Entwicklung und Produktion der Werkzeuge.

Motivation: Die Fertigung von Innengewinden ist in der Bauteilbearbeitung meist einer der letzten Arbeitsgänge. Das Bauteil selbst hat somit bereits einen sehr hohen Wertschöpfungsgrad, deshalb kommt es auf eine prozesssichere und gleichzeitig wirtschaftliche Fertigung dieser Gewinde an.

Die Anforderung an die Gewindewerkzeuge sind das anwendungsbezogene Auslegen und Herzustellen der Werkzeuge. Dabei ist die Reproduzierbarkeit bei hoher Performance der

Werkzeuge zu gewährleisten, um beim Anwender prozesssicher und wirtschaftlich produzieren zu können. Die zu implementierende neue innovative Technologie zur Oberflächen- und Kantenbehandlung für Gewindewerkzeuge soll diese Anforderungen erfüllen.

Introduction

LMT Fette Werkzeugtechnik is one of the global leaders in the production of precision tools for milling, gear hobs, rolling heads and taps for thread production. The company was founded in 1908. Without threads it isn't possible to bolt something together. Industry: Mechanical Engineering / Precision Tool Industry; Turn Over 56 Mio €, Employees 297. One of the most important factors of success is the strength regarding technical sales and marketing, to be close to the customer and create customized development and production of tools.

Motivation: Manufacturing of threads is mostly one of the latest processing steps. The component itself has already high level of added value, therefore a process-sure and economic manufacturing of these threads is essential.

The requirement for taps and thread formers is to design and produce the tools customized. Important is to ensure the reproducibility with high performance of the tools for process-sure and economic results at the end user as production. The new technology for surface and edge preparation has to fulfill these requirements.

Vorhabenumsetzung

Ziel des Vorhabens war die Implementierung einer automatisierten Nassstrahlanlage für das komplette Produktportfolio Gewindewerkzeuge von LMT Fette.

Lösungsansatz war eine Nassstrahlanlage der Fa. Auer / Mannheim mit Düsenpositionierung und einem Handhabesystem zum automatischen Be- und Entladen.

Bei der **Technischen Umsetzung** wurde mit umfangreichen Evaluations- Versuchen begonnen, mit zahlreiche Messreihen und internen Funktionstests der Werkzeuge. Als Fazit kann festgestellt werden, dass mit der AUER Satelliten- Nass- Strahlanlage SAN 1100 S4 RO (Bild 13 Anlage, S. IV) eine prozesssichere Lösung bei Abdeckung des gesamten Produktportfolios von LMT Fette ermittelt wurde.

Zur Implementierung zählten auch die Lösung der Herausforderungen wie Parameterermittlung, Reinigungsprozess, Be- und Entladeprozess, Programmierung und Steuerungsanpassungen.

Project implementation

Target of the project was implementation of an automatic wet blasting facility for machining the complete product portfolio threading tools of LMT Fette.

Solution concept is a wet blasting facility of Fa. Auer / Mannheim with the possibility for positioning nozzles and with robot system for automatic handling.

At the beginning of technical were extensive tests for evaluation right parameters in combination with series of measurement and internal function tests. Conclusion: the AUER facility for wet

blasting SAN 1100 S4 RO identified as a solution high process-sure for covering the complete product portfolio threading tools of LMT Fette.

Implementation includes the solution for evaluation right parameters, cleaning process, handling process for loading and off- loading, adjustment programming and control system.

Ergebnisse

Das Vorhaben konnte erfolgreich umgesetzt werden. Das gesamte Produktportfolio Gewindewerkzeuge kann mit der neuen Technologie reproduzierbar und wirtschaftlich hergestellt werden.

Ergebnisse der Erfolgskontrolle sind Standzeitsteigerung beim Endanwender zwischen 25% und 380 % und Reduzierung des Anteils der Ausschussquote der Gewinde- Fertigungs- Linie bei LMT Fette von 57% auf 38%.

Folgeergebnis durch die Verringerung der Ausschussquote bei LMT Fette ist die Einsparung von Rohmaterial durch Wegfall der Nacharbeit bzw. Neufertigung dieser Werkzeuge bei HSS von ca. 8,5 Tonnen (entspricht 43,2%) und bei HM von ca. 1 Tonne (entspricht 45%) und damit zusammenhängend die Einsparung an Energie von 443 Megawattstunden zum Betreiben der Bearbeitungsmaschinen. Aus diesen Materialeinsparungen ergibt sich indirekt eine Einsparung von ca. 40 Tonnen CO₂ pro Jahr bei der Rohstoffherstellung bei den Lieferanten.

Project results

Project is successful realized. The complete product portfolio threading tools are able to produce repeatable and economic by the new technology.

Results control of success are increasing tool life at the end user 25% to 380 % and decrease share of scrap rate inside this thread production line at LMT Fette from 57% to 38%.

This lower scrap rate has an impact on reduction of raw materials because of elimination of reoperation or manufacture of new articles regarding HSS about 8,5 t (equates 43,2%) and Solid Carbide 1 t (equates 45%) and related to this fact the reduction of electric energy of 443 MWh. In consequence of reduction raw materials indirectly there is an reduction of about 40 t CO₂ p.a. at the supplier.

Ausblick

Die Erfahrungen aus der Anwendung dieser Technologie sind positiv. Nach der Validierung der Parameter ist die konsequente Integration der Anlage in die Serienfertigung von Bedeutung. Diese Technologie „Schneidkantenbehandlung von Gewindewerkzeugen durch Nassstrahlen mit reproduzierbaren und automatisiertem Fertigungsablauf“ kann auf Unternehmen der Branche Hersteller von Gewindewerkzeugen übertragen werden.

Wichtig ist die Zusammenarbeit mit einem Partner, dessen Hauptgeschäftsfeld die Herstellung und Inbetriebnahme entsprechender Anlagentypen ist.

Die maßgeblichen Tätigkeiten zur erfolgreichen Serienvvalidierung sind allerdings von den Mitarbeitern der LMT Fette Werkzeugtechnik geleistet worden.

Prospects

Experience of implementation the technology are positive. After parameter validation it's important to realize very consequent the series integration of the facility.

Technology "Edge preparation of threading tools by wet blasting for repeatable and automated production process" can transferred to other companies of tap manufacturers.

Work together with partner in main business for producing and placing into operation such facility is very important. But with the addition, that the most important activities were done by employees of LMT Fette Werkzeugtechnik themselves.

Schwarzenbek, 26.11.2020

Ort, Datum



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'ppa. L. Holm' or similar, written over a horizontal line.

Unterschrift des Zuwendungsempfängers und ggf. Dienstsiegel