

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. EBR09822/15

1. Thema

COOLBEND – Deep Cryogenic Treatment of Bending Tools

2. Berichtszeitraum

01.02.2017-31.12.2019

3. Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. - EFDS

4. Forschungsstelle(n)

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Chemnitz, den

Ort, Datum

M. Demmler
Dipl.-Ing. Matthias Demmler

Name und Unterschrift des Projektleiters der Forschungsstelle

Fraunhofer-Institut
Werkzeugmaschinen und
Umformtechnik -IWU-
Reichenhainer Straße 88
D-09126 Chemnitz



Common report of the
CORNET-project EBR09822/15 “Coolbend”

Deep Cryogenic Treatment of Bending Tools

M. Demmler¹,
D. Hradil, P. Suchmann²
A. Ciski, P. Nawrocki³

¹ Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology

² COMTES FHT a.s.

³ Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mechaniki Precyzyjnej



Table of Content

Summary	4
Zusammenfassung	5
List of Figures	6
List of Tables	12
List of Abbreviations	13
1 Topic of Research	14
1.1 The Economic Challenge and Needs	14
1.2 Deep Cryogenic Treatment – state of the art.....	16
1.3 Bending process and Wear indication	18
1.4 Present solutions to extend tool lifetime	19
2 Research objective and technical approach	20
2.1 Research Method and Objectives.....	20
2.2 Innovation Target.....	21
2.3 Work Outline.....	21
2.4 Project Consortium	22
3 Results in Detail.....	25
3.1 Results of German project partners	25
3.1.1 Characterisation of the bending process and sheet material	25
3.1.2 Characterisation of the focussed tool materials for bending processes	26
3.1.3 Development of hardening and cryogenic treatment strategies	27
3.1.4 Methods for mechanical analysis of the tool steels	29
3.1.5 Analysis on Base material.....	30
3.1.6 Analysis on Heat + DCT-treated material.....	32
3.1.7 Industrial demonstrator results.....	36
3.2 Results of Czech republic project partners	43
3.2.1 Analysis of tool material 1.2379	43
3.2.2 Heat treatment test	44
3.2.3 Further material investigation.....	50
3.2.4 PVD Coating influence.....	57
3.2.5 Transfer to industrial demonstrators	62
3.2.6 Optimization of industrial demonstrators	68
3.2.7 Conclusion on industrial demonstrators	87
3.3 Results of polish project partners.....	90
3.3.1 Characterisation of the bending process and demonstrators	90

3.3.2	Characterisation of selected tool steels	91
3.3.3	Development of a temperature treatment strategy.....	92
3.3.4	Influence of surface engineering technologies.....	99
3.3.5	Bending process operation tests.....	101
3.3.6	Conclusion and Outlook.....	102
4	Use of the grant.....	104
5	Explanation of the necessity and appropriateness of the work done.....	105
6	Result transfer to the industry.....	106
6.1	Dissemination plan into the industry during the project	106
6.2	Dissemination plan into the industry after the project	107
6.3	Presentation of the scientific-technical and economic benefits.....	108
7	References	110

Summary

The service life of bending and forming tools is significantly influenced by the wear and tear in the tool areas that come into contact with the work piece. Depending on the process parameters, in particular the work piece and tool properties (above all the material strength to be formed, the component geometry to be realized, the adhesion tendency), different wear phenomena occur which must be counteracted in different ways. For example, tool break-outs or even breakage of the bending dies due to increased press forces during the forming of the latest high-strength sheets must be counteracted by heat treatment optimization of the tool material, while the adhesion of the work piece material can be counteracted by a coating or an adapted surface topography.

In the project, guidelines for nitriding were also developed. Furthermore, suitable coating systems were developed based on the optimal nitriding process. In suitable basic investigations a reduction of the abrasive wear of 30-40% on average could be proven by means of a 3-roller test and statements could also be made about the load limit of the tool materials and plastic deformation.

In industrial tests this positive effect could be confirmed for cyclic low temperature treatment in the temperature range of $-180^{\circ}\text{C} \dots +20^{\circ}\text{C}$ as well as DCT treatment (24h at -180°C) for different materials. When bending the sheet metal material S400MC (sheet thickness: $s = 2.0$ mm), industrial tests with different heat treatment variants and depending on the tool material have shown an increase in service life of up to 50% and the abrasion of the zinc layer on the component has been significantly reduced and the surface quality significantly improved. In the seam-bending processes carried out on stainless steel (1.4301, $s=1.0$ mm), the fracture behaviour and the service life of the roller tools could be significantly improved by integrating an additional cryogenic heat treatment step of the tool material. This made it possible to machine and manufacture components for ventilation construction without rapid tool breakage.

The goals of the project were achieved.

Zusammenfassung

Die Standmenge von Biege- und Umformwerkzeugen wird maßgeblich von den Verschleißerscheinungen in den mit dem Werkstück in Kontakt tretenden Werkzeugbereichen beeinflusst. In Abhängigkeit von den Prozessparametern, insbesondere den Werkstück- und Werkzeugeigenschaften (vor allem der umzuformenden Materialfestigkeit, die zu realisierende Bauteilgeometrie, der Adhäsionsneigung) treten unterschiedliche Verschleißerscheinungen auf, denen in unterschiedlicher Weise begegnet werden muss. Beispielsweise muss auftretenden Werkzeug-Ausbrüchen bzw. sogar dem Brechen der Biegegesenke durch erhöhte Pressenkräfte beim Umformen neuester höchstfester Bleche durch eine wärmebehandlungstechnische Optimierung des Werkzeugwerkstoffes begegnet werden, während der Adhäsion von Werkstückwerkstoff durch eine Beschichtung oder eine angepasste Oberflächentopographie entgegengewirkt werden kann.

Im Projekt konnten weiterhin Richtlinien für das Nitrieren erarbeitet werden. Weiterhin wurden geeignete Beschichtungssysteme in Anlehnung an den optimalen Nitrierprozess. In geeigneten Grundlagenuntersuchungen konnte eine Reduktion des Abrasiv-Verschleißes von durchschnittlich 30-40% mittels 3-Rollen-Test nachgewiesen werden und auch Aussagen zur Belastungsgrenze der Werkzeugstoffe sowie plastischen Deformation getroffen werden.

In Industrierversuchen konnte dieser positive Effekt sowohl für zyklische Tieftemperaturbehandlung im Temperaturbereich von -180°C ... $+20^{\circ}\text{C}$ als auch der DCT-Behandlung (24h bei -180°C) für verschiedene Werkstoffe bestätigt werden. Beim Biegen vom Blechwerkstoff S400MC (Blechdicke: $s = 2,0$ mm) wurde im Industrierversuch mit unterschiedlichen wärmebehandlungstechnischen Varianten und in Abhängigkeit vom Werkzeugwerkstoff eine Standzeiterhöhung von bis zu 50% erzielt und der Zinkschicht-Bauteilabrieb deutlich reduziert werden bzw. die Oberflächenqualität deutlich verbessert werden. Bei den durchgeführten Falz-Biegeprozessen Edelstahl (1.4301, $s=1,0$ mm) konnte durch Integration eines zusätzlichen kryogenen Wärmebehandlungsschrittes des Werkzeugwerkstoffes das Bruchverhalten bzw. die Standzeit der Rollenwerkzeuge deutlich positiv beeinflusst werden. Eine Bearbeitung bzw. die Fertigung von Bauteilen für den Lüftungsbau ohne schnellen Werkzeugbruch konnte so erst möglich gemacht werden.

Die Ziele des Projektes wurden erreicht.