

Neues Herstellungsverfahren für Gabelstaplerzinken

Im 4. Quartal 2019 geht in St. Pölten bei der EBW Lex GmbH eine Fertigungslinie für Gabelzinken mit einer Großkammer-Elektronenstrahl-Schweißanlage in Betrieb

- Guido Reuter, 1. ISR GmbH, Seekirchen a. Wallersee
Herbert Szlezak, EBW Lex GmbH, St. Pölten
Marko Wittig, Steigerwald Strahltechnik GmbH,
D-Maisach b. München,

Die Zinken eines Gabelstaplers sind ein Sicherheitsbauteil und diese müssen daher regelmäßig, spätestens alle 12 Monate, entsprechend ISO 5057 Prüfungen unterzogen werden und die Ergebnisse sind zu dokumentieren. Der kritische Verschleiß bei einer Gabelzinke befindet sich dabei in dem ersten horizontalen Stück des Gabelblatts, das beim Absenken des Hubwerks zuerst den Boden berührt und dann oftmals schleifend unter die Palette mit der Last ein- bzw. ausgefahren wird. (Bild 1). Weiterhin sind die Gabel-

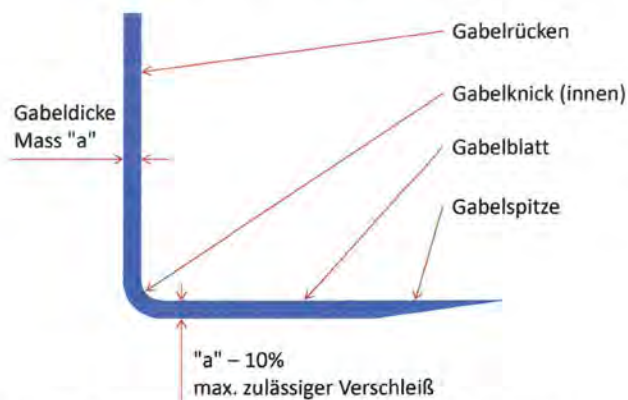


Bild 1: Gabelzinke: Bezeichnungen und max. zul. Verschleiß

zinken auf Oberflächenrisse insbesondere im Bereich des Gabelinnenknicks und an den Schweißnähten der Gabelaufhängungen zu prüfen, was meist mit den Methoden PT bzw. MT erfolgt. Darüber hinaus sind noch mehrere Maßhaltigkeiten wie Winkeligkeit (Bild 2), Höhenunterschied der Gabelspitzen der beiden Zinken sowie die Durchbiegung des Gabelblatts und die Aufbiegung des Gabelrückens

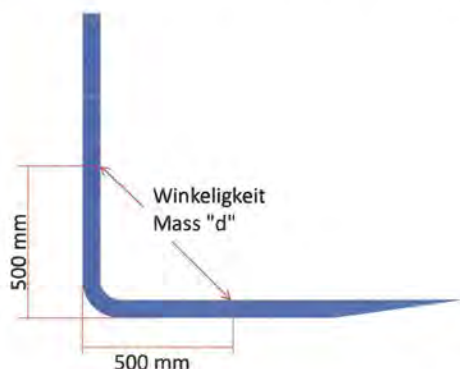


Bild 2: Gabelzinke, Bestimmung der Winkeligkeit

zu prüfen. Beim Überschreiten gewisser Prüfkriterien müssen die Gabelzinken durch neue ersetzt werden.

Gabelzinken werden klassisch aus speziellen, teuren Vergütungsstählen hergestellt. Dazu wird zumeist im ersten Schritt ein Vierkantstab zugeschnitten, auf Umformtemperatur erwärmt, und dann auf den entsprechenden Querschnitt mit dem spitz auslaufenden Keil an der Gabelzinkenspitze gewalzt oder geschmiedet. Anschließend wird dieser Rohling erneut partiell an der Stelle auf Umformtemperatur erwärmt, wo dann die 90° Biegung und ggf. auch noch eine Stauchung zur Verdickung der Biegestelle erfolgt. Nach dem Fertigstellen der Form muss noch die Vergütung erfolgen. Dazu ist ein Erwärmen auf Vergütungstemperatur sowie das Abschrecken und die abschließende Erwärmung auf die Anlasstemperatur mit den jeweiligen kontrollierten Abkühlungen erforderlich. Die aufgeführten Arbeitsschritte in der Herstellungskette sind sehr energieintensiv und damit kostentreibend.

Aus der Überlegung entstand eine Idee

Die Biegebeanspruchung in einer Gabelzinke verursacht an der Oberfläche, auf der direkt die Last aufliegt bzw. genau im Gabelknick, die größten Zugspannungen. In der Mitte des Querschnitts befindet sich die neutrale Faser und auf der Unterseite kommt es zu Druckspannungen. Aus diesem Wissen entstand bei dem Erfinder Herbert Szlezak die Idee, die Gabelzinke aus verschiedenen Werkstoffen mit unterschiedlichen Festigkeiten aufzubauen, ähnlich einem Laminatwerkstoff. Hierzu wurden dann umfangreiche Überlegungen und Berechnungen angestellt. Zur weiteren Verifizierung wurden Simulationen und Versuche bei der TU-Graz, am IMAT, durchgeführt. Eine erste Versuchsgabelzinke bestand aus 7 Lagen unterschiedlich fester Stahlwerkstoffe, die alle flächig mit dem Elektronenstrahl verschweißt wurden. Die Testergebnisse waren sehr gut und vielversprechend. Da sich aus dem Verschweißen der vielen Lagen sehr lange Schweißzeiten auch bei Schweißgeschwindigkeiten von ca. 2.500 mm/min ergeben haben, wurde noch eine weitere, vereinfachte Idee verfolgt. Auch hierzu wurden wieder mit der TU Graz umfangreiche Berechnungen und Simulationen durchgeführt. Letztlich wurde aus all diesen untersuchten Möglichkeiten die Variante entwickelt, die jetzt in St. Pölten bei der neuen Produktionsfirma EBW Lex GmbH gefertigt werden wird. Diese Gabelzinke besteht aus 2 Werkstoffen, erstens aus Baustahl S355 auf den auf der Oberseite ein höchstfestes Hardox-Stahlblech (z.B. Streckgrenze über 1.500 MPa) mit nur 6 – 10 mm Stärke flächig aufgeschweißt wird. (Bild 3).

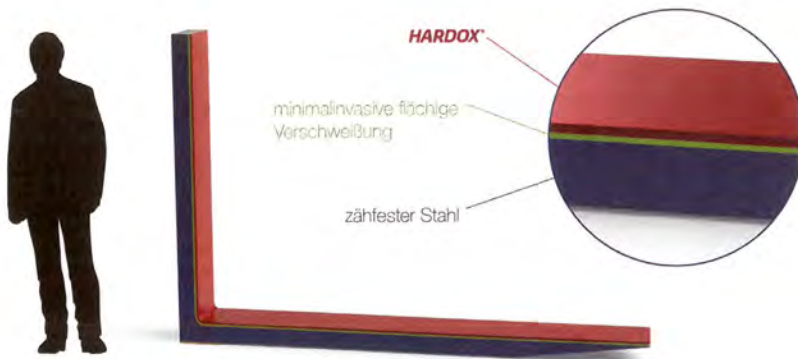


Bild 3: Schwerlastgabelzinke, Größenvergleich und Aufbaudetail

Gabelzinke 120mm x 46mm x 1500mm

Typ	Zulässige Nennlast pro Zinke (kg)	Gabelzinkenbreite (mm)	Max. Spannung (N/mm ²)	Max. Durchbiegung bei 1500 mm (mm)	Lastabstand (mm)
120	2700	120	339	42,9	600

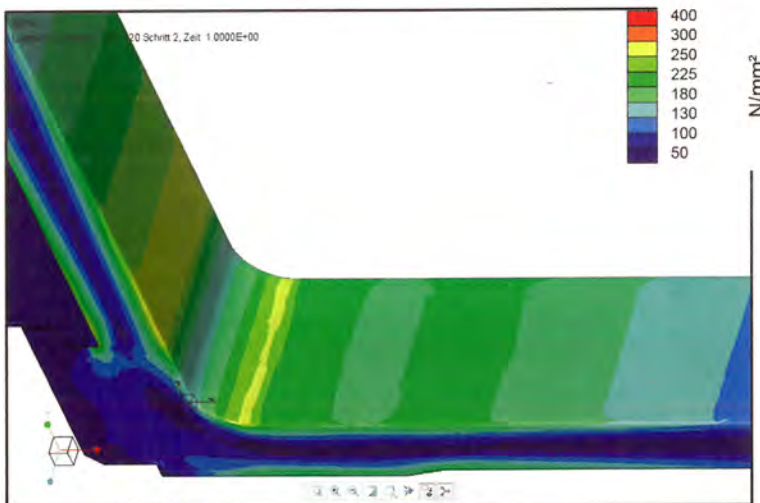


Bild 4: Kennzeichnung der Zugspannungen in einer Gabelzinke

In Bild 4 sind beispielhaft für diesen neuen Typ Gabelzinke die Zugspannungen aus der FEM-Berechnung farblich dargestellt. Nur in den gelb und grün farbigen Bereichen des Gabelknicks treten hohe Zugspannungen auf. Selbst bei Tests mit der 4-fachen Nennlast treten keine plastischen Verformungen auf.

Detailliert betrachtet besteht die Gabelzinke ohne die Anbauteile zur Aufnahme am Hubgerüst des Staplers aus insgesamt 3 Funktionsteilen, wobei die Zinkenform aus günstigem Baustahl S355 vorgefertigt wird. Dieses Baustahlteil wird in einer maßgeschneiderten Vorrichtung auf der Rück- und Unterseite fixiert und ein hochfestes Hardoxblech, das entsprechend vorgebogen wurde, wird dann davor gespannt. In die Fuge der Auflagefläche des Hardoxblechs wird dann mit dem Elektronenstrahl eine flächige Anbindung hergestellt. Ebenso wird unter dem Gabelknick noch ein kurzes Blechstück des hochfesten Stahls angelegt, das später als Verschleißschutz für die Abrasion dient.

Durch den zähen Körper aus Baustahl und das hochfeste Auflageblech ist es ausgeschlossen, dass diese Gabelzinke abrupt bricht. Vielmehr wird sie bei deutlichster Überlast langsam plastisch überdehnt und verbiegt sich.

Diese Innovation setzt günstigeres Material ein und benötigt nur ca. 5% der Energie im Vergleich zur konventionellen Herstellungs-

methode. Auch bei der Fertigung von Schwerlastgabelzinken mit bis zu 200 t Tragfähigkeit wird diese neue Herstellungstechnologie die Vorteile unter Beweis stellen.

In dem Betrieb in St. Pölten auf dem Voith Gelände werden derzeit alle Maschineninstallationen vorbereitet bzw. bereits vorgenommen. Die Fertigungsmaschinen umfassen einerseits alle notwendigen Maschinen um den Baustahl zuzuschneiden und dann auch die Anlagen zum Schneiden und Biegen des hochfesten Stahls. Weiterhin werden Sägen und Fräsmaschinen installiert, um die Aufhängungen zu fertigen, die dann im weiteren Fertigungsverlauf an den Gabelrücken geschweißt werden.

Das Herzstück der Produktionslinie ist eine Elektronenstrahlschweißanlage. Die Vakuum-Arbeitskammer hat dabei eine Breite von 2.200 mm und 6.000 mm Länge. Der Arbeitstisch in der Kammer, der die Vorrichtungspalette aufnimmt, kann um 4.500 mm in x-Richtung verfahren werden. Um den Schweißstrahl in der y-Richtung zu positionieren, verfügt die Anlage über eine Generatorverschiebung mit 1.700 mm Fahrweg. (Bild 5)

Die Höhe der Vakuumkammer ist mit 1.200 mm gering, um das Volumen, welches bei jedem Palettenwechsel bekanntlich wieder evakuiert werden muss, möglichst gering zu halten. Die Evakuierzeiten der Kammer werden knapp unter 10 Minuten betragen.

In der Kammer werden die unterschiedlichen Dimensionen der Gabelzinken auf individuellen Paletten bearbeitet. Dazu

sind die Paletten mit einem Federspannsystem ausgerüstet, dass zum Be- und Entladen pneumatisch geöffnet werden kann. Dies ist vorteilhaft, da damit nur entspannte und damit offene Pneumatikzylinder und Leitungen ins Vakuum gebracht werden, was mögliche marginale Leckagen unbedenklich macht.

Um solche Gabelzinken flächig zu schweißen, muss mit dem Elektronenstrahl beidseitig eine Einschweißung erfolgen. Insbesondere bei Schwerlastgabelzinken müssen Einschweiß-tiefen von bis zu 120 mm in einer Lage erreicht werden. Der Elektronenstrahlgenerator ist deshalb mit 150 kV Beschleunigungsspannung und einer Leistung von 60kW ausgelegt. Bild 6 zeigt eine einseitige Einschweißung mit 50 mm Tiefe, wobei das Hardoxblech nur 6 mm stark ist. Um eine solche "minimalinvasive" Schweißung zu realisieren, muss das Hardoxblech zur Wärmeabfuhr mit einem flächig anliegenden Metall mit großer Wärmekapazität "gekühlt" werden, damit über die Tiefe von 50 mm das nur 6 mm starke Hardoxmaterial nicht in Mitleidenschaft gezogen wird.



Bild 6: Makroschliff, 50 mm Einschweißtiefe, oben 6 mm Hardox unten S355



Bild 5: Elektronenstrahlschweißmaschine mit 150 kV, 60 kW, 16m³

Da die Gabelzinken beidseitig geschweißt werden sind die Paletten mit den Spannvorrichtungen so konstruiert, dass der Elektronenstrahl von beiden Seite ohne jegliche Behinderung die gesamten Fugen erreichen kann. Geschweißt wird grundsätzlich in der Position PA. Dazu wird die Palette mit mehreren eingelegten Gabelzinken durch die vordere Tür in die Kammer eingelegt. Danach wird die Kammer geschlossen und evakuiert und die erste Seite kann geschweißt werden. Diese Palette wird dann durch die hintere Tür entnommen, gewendet und wieder eingefahren zum Schweißen der 2. Seite. Bei steigendem Markt-

bedarf an diesen Gabelzinken bietet diese 2. Kammertür langfristig die Option, eine weitere Elektronenstrahlschweißanlage aufzustellen, wobei dann nach Entnahme der Palette aus der ersten EB- Anlage diese gewendet und in die 2. EB-Anlage eingeführt wird, um die 2. Seite zu schweißen.

Abschließend werden die Schweißnähte der Gabelzinken noch verschliffen und geprüft. Die Gabelzinke wird dann in einem Beschriftungsfeld entsprechend der Norm gekennzeichnet und lackiert bevor diese dann zum Versand fertig sind. ■

Autoren:

Guido Reuter – Vertrieb, 1. ISR GmbH, 5201 Seekirchen am Wallersee

Herbert Szlezak ist Produktionsleiter / Gesellschafter bei EBW Lex GmbH, 3100 St. Pölten

Marko Wittig ist Area Sales Manager bei Steigerwald Strahltechnik GmbH, 82216 Maisach bei München, Deutschland

Quellenverweis:

Bilder 1 + 2: Guido Reuter, Bilder 3 + 4: EBW Lex GmbH

Bilder 5 + 6: Steigerwald Strahltechnik GmbH