



Geschweißter Auspuffkrümmer aus Edeleis



Auspuffsystem im Powerboat

Bei den Antriebsanlagen in unseren Powerboats gibt es immer wieder eine

Schwachstelle: Der hartgelötete Auspuffkrümmer ist den thermischen und mechanischen Belastungen in der Regel nicht gewachsen. Abhilfe kann nur ein geschweißter Krümmer schaffen, der sich aber wegen seiner dreidimensionalen Ausformung nur schwer schweißen lässt. Außerdem muss ja die Länge des gesamten Auspuffsystems stimmen, damit der Motor auch in Resonanz kommt.

Resonanz-Auspuffanlagen sind bei Hochleistungs-Zweitaktern allgemein üblich, weil hier eine Druckwelle aus dem Resonanzschalldämpfer den Motor zusätzlich "auflädt", so dass dieser höhere Drehzahlen bei besserer Zylinderfüllung erreicht und damit mehr Leistung abgibt.

Bei Powerboats mit ihren Oberflächenantrieben (halbgetauchte Propeller) muss man den Schwerpunkt des Modells möglichst weit nach hinten legen. Nur dann fährt das Schiff optimal bei geringstem Leistungsverlust. Setzt man nun den Motor so weit wie möglich nach hinten, befindet sich der Einlauf des Resonanzauspuffs bereits vor dem Motor, hier am Beispiel des Resorohres von MHz und des 50-cm3-Polini-Motors dargestellt. Wie man auf den Bildern sehen kann, muss ein S-

Schlag in den Auspuffkrümmer eingebaut werden, um eine Rohrführung wieder zurück zum Motorflansch zustande zu bringen.

Schweißen im Gipsbett

Das Problem bestand nun darin, wie man denn so einen Krümmer schweißen soll, wenn doch die Einzelteile nicht auf einer ebenen Unterlage positioniert werden können. Mein Vorschlag hierzu: schweißen im Gipsbett. Inzwischen habe ich einen zweiten, längeren Krümmer gebaut und kann sagen, dass mit dieser Methode millimetergenau gearbeitet werden kann, auch nachträglich, wenn die Lage von Motor und Resorohr im Schiff schon festliegen.

Auspuffkrümmer in der Gipsform



Exkurs: Hartlöten

Zuvor möchte ich als Beispiel einen mit Silberhartlot hergestellten Krümmer aus dünnwandigem Edelstahl zeigen. Ich habe dafür die Fittings von Krumscheid verwendet, die die Abmessung 25 x 0,5 mm (Außendurchmesser/Wandstärke) haben. Wie man sehen kann, haben die Lötstellen den

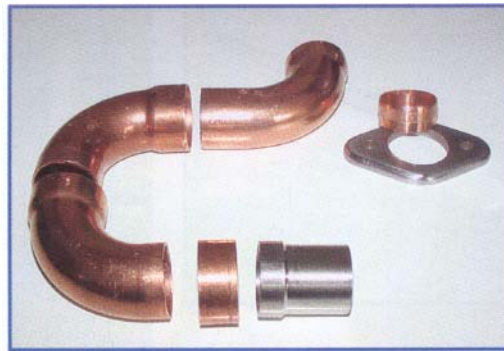
Temperaturen (250 °C im Leerlauf nach dem Fahren) und den Vibrationen nicht standgehalten. Der Messingring um die Nahtstelle hat das Löten vereinfacht. Zwischen Ring und Rohr wurde zusätzlich Lot eingeschmolzen, so dass eine doppelte Wandung entstand. Aber vergeblich, die Sache hat dennoch nicht gehalten. Außerdem müssen die gelöteten

Riss in der hartgelöteten Naht



Krümmen zusätzlich am Motor oder Motorträger abgestützt werden, denn hinten hängt ja noch das Resorohr dran. Die Abstützung fixiert den Krümmer nun aber so, dass Temperaturendehnungen zusätzliche Spannungen verursachen können. Darüber hinaus war die Querschnittsfläche der Krumscheid-Rohre für den Polini zu klein. Das Krümmerrohr sollte grundsätzlich eine um 15-20% größere offene Querschnittsfläche haben als der Motorauslass. Die dünnwandigen Krumscheidrohre haben aber nur 10% mehr, mit dem Ergebnis, dass mein Motor nicht in Resonanz fiel. Im letzten Drittel des Gasknüppels am Sender legte der Motor einfach nicht mehr zu. Da half auch keine größere Hauptdüse im Vergaser.

Eine andere Möglichkeit ist das Hartlöten von Kupferfittings aus dem Baumarkt mit den Abmessungen 28 x 1,5 mm. Ich hatte die Teile schon vorbereitet, die Sache dann aber wieder verworfen, denn auch diese Rohre müssen zusätzlich abgestützt werden und die Haltbarkeit der Lötstellen ist nicht unbedingt gewährleistet. Die hochsilberhaltigen Hartlote aus dem Baumarkt mit der gängigen Zusammensetzung L-Ag 55 Sn und einer Arbeitstemperatur von 610 °C sowie das L-Ag 45 Sn-Lot, dessen Arbeitstemperatur bei 670 °C liegt, haben eine Betriebstemperatur von nur 200 °C. Ist die Rohrtemperatur im Fahrbetrieb höher, verliert das Lot an Festigkeit.



Krümmen aus Kupferfittings



Krümmen und Flanschplatte aus Edelstahl



Edelstahlfitting, herausgearbeitete Krümmer-teile und Flanschplatte

Einpassen des letzten Rohrstücks



Krümmerstück mit Kleberingen



Heften der Teile

Edelstahlkrümmer

Um diesen Problemen aus dem Weg zu gehen, habe ich einen stabilen Edelstahlkrümmer aus Rohrfittings 28 x 1,5 mm hergestellt. Diese Fittings gibt es im Baumarkt. Ein solcher Krümmer ist eigenstabil, braucht in der Regel nicht abgestützt zu werden, hält den Temperaturen stand und der Motor kommt nun auch in Resonanz, denn die Durchlassfläche ist 18,5% größer als der Motorauslass. Von den 90-Grad-Fittings wurde die Quetschmuffe auf der einen Seite und das gerade Passstück auf der anderen Seite abgesägt. Pro Schnitt verbrauchte ich ein Metall-sägeblatt für kleine Handsägen! Die Schnitte können sehr gut angezeichnet werden, wenn man eine Schlauchschelle auf das

Rohr schraubt und drumherum einen Strich zieht. Der Flansch besteht aus einer 5 mm dicken Edelstahlplatte, die vorgebohrt und innen auf das richtige Maß ausgedreht wurde. Zusätzlich wird eine Stufe von 0,5 mm Tiefe und 1,5 mm Breite für eine exakte Zentrierung der Krümmeraufnahme eingearbeitet. Jeder lange Schnitt am Flansch verschleißt auch hier ein Sägeblatt! Am letzten Fitting vor dem Resorohr bleibt ein gerader, auf knapp 26 mm abgedrehter Rohrfortsatz stehen, der später in das gekürzte Resorohr gesteckt wird und eine gute mechanische Verbindung herstellt. Die Anpassung im Schiff sieht so aus, dass der Auspuffflansch inkl. Wasserkühlflansch am

Motor angeschraubt wird. Das erste Krümmerstück wird mit Schnur und Schlauchschelle fest an den Flansch herangezogen, das Resorohr in seiner endgültigen Lage im Rumpf fixiert und das letzte Krümmerstück klemmend eingeschoben. Das fehlende Zwischenstück erhält nun Kleberinge aus Papier und kann eingesetzt werden. Wenn Ausrichtung und Krümmerlänge stimmen und alle Nahtstellen möglichst spielfrei passen, können die Einzelteile mit 2-K-Kleber verklebt werden. Diese geklebte Rohrschlange mit Flansch kommt nun in ein Bett aus Modellergips (Baumarkt), der bis zum halben Rohrdurchmesser hochgezogen

wird. Die senkrechte Aluplatte wird ebenfalls eingegipst. An ihr ist der Krümmerflansch angeschraubt, so dass er seinen exakten Winkel, der sich beim Ausrichten und Verkleben ergeben hat, beibehält. Das Gipsbett wird in einer einfachen Plastikschachtel hergestellt, deren Wände sich nach oben erweitern sollten. So kann man das Gipsmodell nach dem Anhärten leicht ausformen und ca. 3 Tage durchtrocknen lassen. Ich habe zusätzlich noch Gipsbinden eingearbeitet, um die Form an den Außenseiten und auch zwischendrin stabiler zu machen. Die Metallteile wurden vor dem Einlegen etwas mit Vaseline eingefettet, damit der Gips nicht an ihnen hängen bleibt.

Nach dem Anhärten des Gipses entnimmt man den geklebten Krümmer wieder aus dem Bett, indem der Flansch von der Aluplatte abgeschraubt und die Edelstahlteile herausgenommen werden. Die Aluplatte bleibt fest eingegipst! Die geklebten Krümmerteile werden nun wieder getrennt und sauber verputzt. Beim Schweißen dürfen weder Klebereste noch Fett oder andere Verunreinigungen am Rohr sein! Also alles schön verschleifen und mit Aceton absolut fettfrei machen und noch einmal fein schleifen. Nun kann man die Teile wieder in die Form legen, den Flansch an die Aluplatte anschrauben und die Sache schweißen lassen. Ich habe dafür im Fachbetrieb immerhin € 40,- gezahlt, aber der Krümmer ist nun dauerhaft haltbar.



Fächerschleifer zum Verputzen der Schweißnähte im Rohr



Kürzen des Resonanzrohrs



Aludorn zum Aufweiten der Teflonmuffe



Alukegel mit O-Ring zur Lagerung des Resorohrs im Heck

Schutzgasschweißen

WIG-Schutzgasschweißen läuft folgendermaßen ab: Die Teile inkl. Flansch werden auf der Oberseite im Gipsbett an vier bis fünf Stellen mit ca. 30-40 A gepunktet. Dann wird alles vorsichtig herausgenommen und auf dem Arbeitstisch auch unten herum geheftet. Dabei verzieht sich so gut wie nichts! Dieses Verfahren funktioniert besser als Hartlöten, wo alles glüht, arbeitet und sich verschieben will! Danach werden die Schweißnähte komplett ausgeführt. Das Gipsbett wird im Grunde also nur für die ersten Punkt-heftungen benötigt. Schutzgasschweißen ist bei Edelstahl das gängige Verfahren. Hierbei wird eine Schutzglocke aus Argon-Gas um die Wolframelektrode herum Richtung Werkstück geblasen. Das Gas hält den Sauerstoff vom schmelzenden Metall fern. So bleibt alles sauber, denn es entsteht keine Schlacke wie beim Autogenschweißen. Edelstahl wird bei ca. 1600 °C geschweißt. Die Wolframelektrode ist 3 mm dick und würde erst bei 3000 °C schmelzen.

Nacharbeiten

Am Krümmerflansch muss noch nachgearbeitet werden, denn der wird von der Schweißnaht zum Rohr hin gezogen, so dass er rund wird wie eine Wippe. Ich habe hier mit dem Bandschleifer 0,5 mm in der Mitte flächig weggeschliffen. Am bes-

ten schiebt man etwas Papier unter die Gleitplatte des Bandschleifers, so dass die Schleifebene nach oben gewölbt wird. Andernfalls, also bei gerader Fläche, besteht die Gefahr, die Enden des Flansches ebenfalls wegzuschleifen und man muss dann in der Mitte noch mehr abtragen. Weil dieser Arbeitsgang keine ebene Fläche ergibt, wird zusätzlich eine Alu-Adapterplatte mit 2-K-Kleber auf den Flansch geklebt und sehr sorgfältig mit 320er- Nassschleifpapier auf leicht nach oben gewölbter Unterlage plangeschliffen. Die Verklebung hält den Temperaturen am Auspuffsystem eine Weile stand, denn hier befindet sich ja auch der Wasserkühlflansch. Später kann man den Kleber beseitigen und hier genau wie am Motorflansch hochtemperaturfestes Silikon als Dichtungsmasse auftragen (bis 300 °C hitzefest). Die Krümmernähte im Rohr können mit einem selbst gebauten Fächerschleifer geglättet werden, ganz weg bekommt man sie aber nicht. Ich verwende hierfür eine 3-mm-Flexwelle, Details kann man dem Bild entnehmen. Als Anschlag zum Dämpfer hin und als "Bremsring" für die Teflonmuffe wird auf das Krümmerteil vor dem 26-mm-Rohr-

fortsatz ein Messingring hart aufgelötet. Die Teflonmuffe habe ich über einem Aludorn (200-250 °C heiß) von ursprünglich 25 mm Innendurchmesser auf ca. 34 mm aufgeweitet. Dieses Material wird bei hohen Temperaturen zäh-weich und will sich beim Abkühlen wieder zusammenziehen. Also: Vor dem Abziehen vom Dorn das Alu-Formstück und die Muffe im Wasserbad abkühlen.

Resonanzrohr

Das Resorohr von MHZ, das für den Polini-Motor empfohlen wird, musste bei mir noch gekürzt werden. Im Allgemeinen wird für den Standard-Polini (ca. 10 PS) eine Resonanzlänge von 48 cm gehandelt, gemessen von Kerzenmitte bis Ende Diffusor. (Als Diffusor wird der sich öffnende Kegel des Auspuffrohrs bis zu seiner dicksten Stelle bezeichnet.) Daran schließt sich dann der zylindrische Nachdämpfer an. Wählt man diese Länge zu kurz, wird der Motor zu heiß und kann einen Kolbenklemmer bekommen. Um die 48 cm zu erreichen, habe ich am Auspuffeinlass fast 4,4 cm abgesägt, d.h., das gesamte zylind-

drische Einlassrohr fällt weg. Daran schließt sich ein leichter Kegel an, der dann in den Diffusor übergeht. Der Wasserkühlmantel am Einlass wird ebenfalls gekürzt und beide Wasserkühlröhrchen müssen versetzt werden. Das geöffnete Resorohrende wird mit einem passend gedrehten Messingteil und Silberhartlot wieder verschlossen. Das Lot hält den Temperaturen stand, weil dieser Bereich mit Wasser gekühlt wird. Die Verkürzung geht im Idealfall so weit, dass der Krümmerfortsatz mit seinem Außendurchmesser sich klemmend in den Auspuff einschieben lässt! Ich habe inzwischen einen zweiten Edelstahlkrümmer nach dieser Bauweise hergestellt. Der erste war 3 cm kürzer und verursachte Motorenprobleme wegen Überhitzung. Der Krümmer selbst hat niemals Probleme gemacht. Mein Auspuffsystem ist am Motor angeschraubt und wird im Heck nur noch in einem O-Ring gelagert.

Weitere Bilder, Infos und Videos zum Bericht und Modell können auch auf der Website www.dana-twinprop.de/powerboatnm/bauen.htm angesehen werden.