

| Inhaltsverzeichnis                                                           | Seite     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Formelzeichen und Abkürzungen</b>                                         |           |
| <b>1. Einleitung</b>                                                         | <b>1</b>  |
| <b>2. Stand der Wissenschaft und Technik</b>                                 |           |
| 2.1 Aluminiummehrstoffbronzen im Werkzeugbau                                 | 3         |
| 2.1.1 Zweistoffsystem Kupfer-Aluminium                                       | 5         |
| 2.1.2 Dreistoffsystem Kupfer-Aluminium-Eisen                                 | 7         |
| 2.1.3 Einfluß weiterer Legierungselemente                                    | 8         |
| 2.1.4 Auftragschweißen von Aluminiummehrstoffbronze                          | 10        |
| 2.2 Oberflächenbehandlung mit Laserstrahlung                                 | 12        |
| 2.2.1 Beschichtungsprozeß mittels Laserstrahlung                             | 13        |
| 2.2.2 Einflußgrößen beim Laserstrahl-Pulver-Auftragschweißen (LPA)           | 16        |
| 2.2.3 Prozeßdiagramme                                                        | 17        |
| 2.2.4 Laserstrahloberflächenbearbeitung von Kupferwerkstoffen                | 20        |
| <b>3. Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit</b>                               | <b>22</b> |
| <b>4. Theoretische Betrachtungen zum Laserstrahl-Pulver-Auftragschweißen</b> | <b>24</b> |
| 4.1 Bestimmung von Prozeßparametern                                          | 30        |
| <b>5. Versuchsaufbau</b>                                                     |           |
| 5.1 Versuchstechnik                                                          | 34        |
| 5.1.1 Laseranlage                                                            | 35        |
| 5.1.2 Strahlformende Optiken                                                 | 37        |
| 5.1.3 Pulverzufuhrsystem                                                     | 39        |
| 5.2 Werkstoffwahl                                                            |           |
| 5.2.1 Gußeisen-Grundwerkstoffe                                               | 40        |
| 5.2.2 Schichtwerkstoff Aluminiummehrstoffbronze                              | 41        |
| 5.2.2.1 Pulvermodifikationen                                                 | 42        |
| 5.2.2.2 Röntgenfeinstrukturanalyse der Beschichtungspulver                   | 45        |
| 5.3 Prüftechnik                                                              | 46        |
| 5.3.1 Zerstörungsfreie Prüfverfahren                                         | 47        |
| 5.3.2 Zerstörende Prüfverfahren                                              | 48        |

|            |                                                                      |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>6.</b>  | <b>Versuchsdurchführung</b>                                          |     |
| 6.1        | Untersuchungen der Pulverdüsensysteme                                | 50  |
| 6.2        | Untersuchungen zum Beschichten in der Ebene                          | 50  |
| 6.3        | Untersuchungen zum Beschichten von Ziehkanten                        | 51  |
| 6.3.1      | Verschleißprüfung                                                    | 52  |
| <br>       |                                                                      |     |
| <b>7.</b>  | <b>Versuchsergebnisse und Diskussion</b>                             |     |
| 7.1        | Konstruktive Entwicklungen von Pulverdüsensystemen                   | 54  |
| 7.2        | Pulverauftragschweißen von Aluminiummehrstoffbronze                  |     |
| 7.2.1      | Einfluß des Grundwerkstoffes und seiner Oberflächenvorbehandlung     | 56  |
| 7.2.2      | Einfluß der Pulvermodifikation                                       | 61  |
| 7.2.3      | Einfluß der Prozeßparameter des Laserstrahl-Pulver-Auftragschweißens | 66  |
| 7.2.3.1    | Leistung                                                             | 67  |
| 7.2.3.2    | Vorschubgeschwindigkeit                                              | 68  |
| 7.2.3.3    | Pulvermassenstrom                                                    | 68  |
| 7.2.3.4    | Bahnversatz                                                          | 70  |
| 7.2.4      | Erreichter Pulverwirkungsgrad                                        | 70  |
| 7.2.5      | Prozeßkennfeld                                                       | 71  |
| 7.3        | Schichtaufbau an ebenen Flächen                                      | 72  |
| 7.3.1      | Elementeverteilung in der Schicht                                    | 74  |
| 7.3.2      | Oberflächenprofil der Schichten                                      | 75  |
| 7.3.3      | Härte der aufgetragenen Schichten                                    | 76  |
| 7.3.4      | Ergebnisse der Schichthaftungsprüfung                                | 77  |
| 7.4        | Schichtaufbau auf den Ziehkanten                                     | 79  |
| 7.4.1      | Verschleißverhalten                                                  | 82  |
| 7.4.1.1    | Ergebnisse der Verschleißprofilmessung                               | 84  |
| 7.5        | Beschichtung und Erprobung eines Praxiswerkzeugs                     | 88  |
| <br>       |                                                                      |     |
| <b>8.</b>  | <b>Folgerungen und Ausblick</b>                                      | 91  |
| 8.1        | Technologische Entwicklungspotentiale                                | 92  |
| 8.2        | Aspekte zur Wirtschaftlichkeit                                       | 96  |
| <br>       |                                                                      |     |
| <b>9.</b>  | <b>Zusammenfassung</b>                                               | 98  |
| <br>       |                                                                      |     |
| <b>10.</b> | <b>Schrifttum</b>                                                    | 100 |