

KEMPIRSAI, KASACHSTAN: DIE GRÖSSTEN OPHIOLITISCHEN CHROMIT-LAGERSTÄTTEN DER WELT

STUMPFL, E.F., MELCHER, F. & GRUM, W.

Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität Leoben.

Im südlichen Ural treten in einem Bereich von mehr als 1000 km Nord-Süd-Erstreckung zahlreiche Ophiolit-Massive auf. Das südlichste und größte davon ist Kempirsai (ca. 2000 km²), Kasachstan, wo eine komplette ophiolitische Abfolge vorliegt, die mit einer bis zu 16 km mächtigen Mantel-Sequenz beginnt. Der Kempirsai-Ophiolit ist 400 Mio. Jahre alt und wurde während der variszischen Orogenese auf die europäische Platte aufgeschoben. Die von Duniten ummantelten großen Chromit-Erzkörper treten in Harzburgiten auf (MELCHER et al., 1994).

Einzelne Erzkörper erreichen Längen bis zu 1500 m und Mächtigkeiten bis zu 150 m. Die Gesamtreserven im Kempirsai-Gebiet sind in der Größenordnung von 500 Mio. t Chromiterz mit 55–60% Cr₂O₃. Die Zusammensetzung der Chromite ist durch hohe Cr/(Cr+Al) und Mg/(Mg+Fe²⁺)-Verhältnisse charakterisiert. Die Erze werden in mehreren großen Tagebauen abgebaut; die Jahresproduktion ist zur Zeit ca. 4 Mio. t. Aluminium-reichere Chromitvorkommen liegen im Norden des Bereiches, sind jedoch nicht von wirtschaftlicher Bedeutung. Hier werden die Ergebnisse von umfangreichen mineralogischen, geochemischen und petrologischen Untersuchungen vorgelegt, die von der Leobner Ultramafit-Gruppe in Kooperation mit der Russischen Akademie der Wissenschaften erarbeitet wurden. Vielfältige Daten ergaben sich dabei aus den Einschlüssen in Chromiten; hier treten Silikate, Sulphide, Platingruppen-Mineralen und fluide Einschlüsse auf.

Wichtigste Silikate sind pargasitischer Amphibol, Forsterit, Diopsid, Enstatit, Na-Phlogopit, Uvarovit, Chlorit und Serpentin. Diese wurden in einem weiten Temperatur-Intervall (1100°C bis unter 500°C) bei hohen Sauerstoff-Fugazitäten (zwei bis vier log units über dem FMQ-Puffer) gebildet.

Buntmetall-Sulfideinschlüsse in Chromit sind relativ klein (5–20 µm) und weithin monomineralisch; Kombinationen von Buntmetallsulfiden (BMS) mit Silikaten und Platingruppenmineralen (PGM) treten gelegentlich auf. Diese Einschlüsse sind auf Sprüngen und Gängchen in Chromit und in der Silikatmatrix besonders häufig. Primäre und sekundäre PGM-Einschlüsse in Chromit lassen sich in fünf Gruppen unterteilen: 1) Os-Ir-Ru und PGE-BM-Legierungen, 2) einfache Ru-Os-Ir Sulphide (z.B. Laurit, Erlichmanit), 3) komplexe (Ir, Os, Rh, Ni, Cu, Fe) Sulphide, 4) Sulpharsenide der Platin-Metalle und 5) PGE und PGE-BM Arsenide (MELCHER et al., 1995).

Flüssigkeitseinschlüsse sind selten und geeignete Präparate nicht leicht herzustellen. In Amphibol-Chromit-Gängen lassen sich drei Typen auf Grund von textuellen Daten unterscheiden: 1) primäre Einschlüsse in einzelnen Chromiten. Diese füllen idiomorphe negative Kristalle oder rundliche Hohlräume aus und sind entweder einphasig oder

zweiphasig (L+V). 2) Große (bis 50 µm) zweiphasige Einschlüsse in Gruppen und in Trails. Diese sind wahrscheinlich pseudosekundär. Gasblasen nehmen hier 20–30% des Volumens ein. 3) Längliche, röhrenförmige zweiphasige L+V Einschlüsse. Die großen Einschlüsse des Typs 2 zeigen wässrige Fluide von mittlerem Salzgehalt ohne nachweisbarem CO₂. Salinitäten liegen im Bereich von 2–15% NaCl-Äquivalent; diese Typ 2-Einschlüsse homogenisieren bei ca. 310°C. Extrapolation der Daten auf höhere Drucke weist auf Einschluss-Temperaturen von 700–800°C hin.

Die Gaszusammensetzung von Einschlüssen in Chromit wurde mit einem Quadrupol Massenspektrometer gemessen; hier sind schwankende Wassergehalte (40–95 Mol%) und relativ hohe Gehalte an H₂ (3–69 Mol%), sowie bis 1,5 Mol% CO₂, bis zu 6 Mol% CH₄, und <0,7 Mol% N₂ nachzuweisen.

Stabile (¹⁸O, D) und radiogene Isotopen (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os) belegen die Bildung der Chromite im suboceanischen Mantel. Sm–Nd Isotope (niedrige εNd-Werte) lassen jedoch einen Einfluß von an LREE angereicherten fluiden Phasen erkennen. Wasserstoffisotopen von Serpentin zeigen, daß die Serpentinisierung auf meteorische Wässer zurückgeht. Eine Sm–Nd Isochrone von Krustengesteinen des Kempirsai Ophiolits ergab ein Alter von 397 ± 20 Mio. Jahren (EDWARDS & WASSERBURG, 1985); ³⁹Ar/⁴⁰Ar-Abkühlalter von mit Chromit koexistierendem Amphibol limitieren die Lagerstättenbildung auf einen Zeitraum älter als 365 Mio. Jahre.

Die Zusammensetzung von Silikaten und Sulfiden, sowie Einschlüsse von Chlorit, Serpentin und Granat im Chromit weisen auf eine komplexe Genese der Chromitkörper hin. Mantel-Metasomatose führte zur Anreicherung von Cr und anderen Metallen in einer fluiden Phase. H₂O, CH₄ und H₂ sind die Hauptkomponenten von Fluiden, die im Zuge der Subduktion ozeanischer Kruste und Mantel entstehen (BALLHAUS, 1995). Fluid-reiche Schmelzen oder Fluide migrieren dann in tektonisch geeignete Zonen, wo Chromitbildung bei Temperaturen um oder unter 1100°C beginnt; Subsolidus-Bildung und Äquilibration setzt sich dann bis zu niedrigeren Temperaturen (500°C) bei kontinuierlich hohen Sauerstoff-Fugazitäten fort. Diese metasomatische Entwicklung der Chromit-Erzkörper dauerte etwa 20 Mio. Jahre und dürfte mit langsamer diapirischer Hebung verbunden gewesen sein. Die tektonische Situation zur Zeit der Chromitbildung ist als Suprasubduktion-Setting zu sehen, in dem die Dehydratation von subduzierter ozeanischer Kruste und Mantel die Entstehung von großen Mengen metasomatischer Fluide begünstigte.

BALLHAUS, C. (1995): Is the Upper Mantle metal-saturated? *Earth and Planetary Science Letters* **132**, 75–86.

EDWARDS, R.L., WASSERBURG, G.J. (1985): The age and emplacement of obducted oceanic crust in the Urals from Sm-Nd and Rb-Sr systematics. *Earth and Planetary Science Letters* **72**, 389–404.

MELCHER, F., STUMPFL, E.F., DISTLER, V. (1994): Chromite Deposits of the Kempirsai massif, southern Urals, Kazakhstan. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy (Section B: Applied Earth Sciences)* **103**, 107–120.

MELCHER, F., STUMPFL, E.F., SIMON, G. (1995): Platinum-group minerals and associated inclusions in chrome spinel of the Kempirsai ultramafic massif, Southern Urals, Kazakhstan. In: Pasava, J., Kribek, B., Zak, K. (Hrsg.), *Mineral Deposits: From their Origin to their Environmental Impact*, 153–156, Balkema, Rotterdam.